альна Книгозбірня ч. 10.

Др. Іван Раковський.

ВСЕЛЕННА

НАЧЕРК АСТРОНОМІЇ

ЧАСТЬ І.

Др. Іван Раковський.

ВСЕЛЕННА

НАЧЕРК АСТРОНОМІЇ.

КОЛОМИЯ, 1922.

Накладом „ЗАГАЛЬНОЇ КНИГОЗБІРНІ“.

З друкарні А. Кисілевського в Коломиї.

Перша часть:

Про землю, місяць і сонце.

Птольомей Клявдій,

славний математик, астроном і ґеоґраф. Жив коло 150 р. по Хр. в Александрії в Єгипті. Написав перший підручник астрономії п. з. „Megále syntaxis“ (Великий уклад) у 13-ти книгах, що його пізніще перекладено на арабську мову під назвою „Альмаґест“.

* * *

Чарівна, зоряна, українська ніч... Тихо дрімають білі хатки посеред зелених садків; тільки часами ще зазвенить срібний голосочок розкішної чорнобривки, що вийшла по воду й на любу розмову, ще десь, немов у відповідь, тужливо затягне сопілка, ще деколи загавкає вірна собака, а далі все стихає... Вся живина, від чоловіка до найменшої комашки, відпочиває по цілоденних трудах; тільки із цвітників несеть ся душний запах троянди, а з поблизького темного гаю лящить тьохканнє соловейка... А на темному блакиті неба засіялись ясні зорі; мов жемчуги-самоцвіти мигтять та искрять ся вони на небесному склепінню, приваблюючи до себе наше око та приковуючи до себе нашу увагу.

Посеред нічної тиші й темряви наша думка, не спинювана иншими вражіннями, блукає свобідно від одної зірки до другої та таємним Чумацьким Шляхом жене нестримно у безконечну даль... І, захоплені таємною величю природи, ми питаємо здивовані: „Що це таке? Звідкіля воно взяло ся?“... У таку пору ми вповні розуміємо безмежну тугу прастарого староіндийського гимну Рігведи:

Хто зна як слїд, хто може сповістити,
відкіль взялось — явилось все створіннє
і чи боги зявились після нього?

Хто зна і се, звідкіль вони прибули?
Звідкіль і як природа вся взяла ся:
сотворена вона? нерукотворна?...
Се зна лиш Той, хто вічно споглядає
з вершин небес... А може й Він не знає...?

Чотири тисячі літ минуло вже від того часу, коли тужливі звуки сього гимну розлягали ся над таємними хвилями святого Ґанґа... А в тім самім часї таке саме питаннє видовбував халдейський книжник своїм чудним клиновим письмом на глиняних плиточках, а египетський єрей увіковічнював його узористими гієроґліфами на папірусї... Чотири тисячі літ минуло вже від того часу, а ми ще й сьогодня ставимо собі те саме, відвічне питаннє, хоча спроби відповіди на нього пишемо електрикою порушуваними машинами на ніжному папері, або розсилаємо по цілому світу в кількох хвилинах телєфонами, телєґрафами та искровими депешами. Бо в глибинах душі кожної людини лежить непереможне бажаннє пізнання і зрозуміння життя й устрою цілої природи, а вислїдом сього бажання знання є величавий розвій природних наук, які де далї все більше досконалими та більше мистецькими методами й приладами все докладнїще розяснюють усї таємниці природи та все більше й більше наближують нас до... Вічної Правди.

При безмежному багацтві творів і пряв природи та при могутньому розвою природних наук в останнїх десятках лїт годї вимагати від кожного чоловіка повного знання сучасного стану розвою природних наук, тим більше, що нинїшнє життє, дуже тяжке й дуже зложене,

зуживає у кожного з нас майже весь час і всі майже засоби нашої життєвої сили на боротьбу за істнуваннє своє особисте, своєї рідні та свойого народу. Все ж таки чоловік, як найдосконаліщий, а до того обдарений розумом твір природи, повинен знати й розуміти сю природу, серед якої він живе та якої він сам є частиною, розуміється, на стільки, на скільки на се дозволяє сучасний йому розвій природних наук; а вслід за тим на знавців і дослідників природи паде обовязок популяризації дотичного знання. Кермуючи ся такими поглядами, ми бажаємо оце заповнити сю прогалину в нашій популярно-науковій літературі короткими оглядами поодиноких галузий природних наук, у яких коротко і приступно зібране було б усе нинішнє наше знаннє про природу. Перш за все подаємо оце основи астрономії, себто науки про устрій і будову нашої вселенної, що становить основу нинішнього природознання і научного світогляду.

Горячо бажаємо, щоб оцей наш начерк сповнив хоч у части своє завданнє.

Від Видавництва: Правопись Автора, зближену до „Правил" Київської Академії Наук, змінюємо на таку, яка покищо уживаєть ся в наших виданнях.

I.

Наша земля.

1. Постать нашої землї.

Земля — наша мати, на нїй ми живемо, вона нас живить, у нїй ми й спочинемо колись, після нашого коротесенького життя! Задля сього кожний чоловік повинен уважати своїм святим обовязком знати про се як слїд, що таке наша земля, та що з нею дїєть ся; задля сього й ми почнемо наше оповіданнє від цього „небесного тїла“.

Перш за все пригляньмо ся постаті нашої землиці.

Коли ми стоїмо посеред розлогої рівнини, посеред широкого поля або степу, тодї здаєть ся нам, що наша земля має вид плоского, рівного, гарно виточеного кружка, на березї якого спираєть ся склепіннє нашого неба. Сей беріг згаданого земляного кружка, обрій або овид, має вид гарно зачеркненого кола, що головно гарно видно, коли пливемо посеред повного моря, де нїщо не закриває нам нашого кругозору.

Таке загально відоме вражіннє стало причиною загально розширеної думки, що наша земля має вид плоского, гарно заокругленого кружка. Так представляли собі вигляд нашої землї старинні Євреї. Греки й Римляни, уважаючи її великим кружком, облитим всесвіт-

нїм океаном, так думає ще й тепер багато диких народів, ба навіть і багато наших непросвічених людий. Одначе вже в старовину бували люди, що зважувались на инші погляди. Старинні халдейські книжники зображували собі нашу землю в видї півкулистої чарки, яка горі дном плавала по всесвітньому океанї; старі грецькі фільозофи, Талєс (640—550 пер. Хр.) і Анаксімандер (610—546 пер. Хр.), думали, що земля має вид низького а широкого вальця, що плаває, розумієть ся, по всесвітньому морю, знову ж Анаксімнес (550—500 пер. Хр.) був переконаний, що вона має вид плоского кружка похиленого на полудне. Але вже Пітаґор (540—500 пер. Хр.) і Плятон (427—347 пер. Хр.), а за ними й Аристотель (384—322 пер. Хр.), проповідували кулисту постать нашої землї, доходячи до сього чисто фільозофічним міркуваннєм, а власне, що земля, як досконалий твір всемогучого творця, мусить мати досконалу постать, а такою вважали вони кулю, очевидно таку, як яблоко або мяч, а не таку, як теперішнї гарматні кулї, що мають вид на одному кінцї загостреного вальця. Грецькі фільозофи пробували навіть виміркувати величину тієї кулї, та про се згадаємо ще опісля. Одначе із розширеннєм християнства повернули назад давні старожидівські погляди; було се природним наслїдком жидівського походження перших учителів християнства, а в деяких жидівських святих книгах, як Ісаії (40, 22), Йова (26, 10), Псалом 104, 2, можна було знайти авторитетне потвердженнє тих поглядів. Тому й не диво, що „християнський Цїцерон“, Лактанцій Фірміян

(Lactantius Firmianus, 4-те ст. по Хр.) гаряче поборював погляд, що земля має кулисту постать, доказуючи, що коли б це була правда, то люди по другій стороні нашої землї мусїли б бути звернені до нас коміть головою, що йому видавало ся неймовірним. Цікаві погляди бачимо в писаннях відомого письменника Козьми Індікоплєвста. (Kosmas Indicopleustes, 1500—1550 по Хр.) Основуючи ся на тому, що Господь приказав Мойсеєві збудувати „скинїю завіта“ на взір будови цїлого світа (2-га книга Мойсея, 25, 23 і 37, 10), згаданий письменник думав, що наша земля має вид видовженого простокутника, якого боки стоять у відношенню 2 : 1, облитого довкола всесвітнїм морем. Одначе і в тих часах бували виїмки: вчені, що стояли під впливом грецької культури, придержували ся поглядів Аристотеля й вірили в кулисту постать землї, як от на пр. відомий отець церкви св. Василій Великий (330—379), що відзначував ся особливим замилуваннєм до природи й глибоким знаннєм тодїшньої науки.

Із поширеннєм знання і студій грецької мови й культури в західній Европі погляди Аристотеля здобувають собі де далї все більше признання скрізь у західнє европейських краях; славні вчені схолястичної доби:- Альберт Великий (Albertus Magnus, 1193-1280) в Нїмеччинї і Роже́ Бекон (Roger Bacon, 1214-1294) в Анґлїї признавали без застережень кулистість нашої землї; такої ж самої думки були й арабські вчені тих часів, як славний Абуль-Феда (1273-1331 р.), так що з кінцем середнїх віків погляд, що земля наша має кулисту постать,

треба вважати загально признаним у науці.

Сьогодня сей погляд став одною з основ загального образовання. Та все ж таки годить ся знати, які докази має нинїшня наука на те, що цей погляд не є вигадкою або тільки майбутнім здогадом, а відповідає справдїшній дійсности? Тому й пригляньмо ся близче тій справі.

Коли їдемо розлогим степом, то безперечно мусимо звернути на те увагу, що круглий овид, який бачимо кругом себе, все однаково, а власне майже на одну милю, від нас віддалений: видно зразу, що на овиді не кінчаєть ся наш світ, адже ж ми самі добре знаємо, що поза тим овидом є напевно добре нам відомі села й міста, в яких ми нераз бували і до яких може якраз їдемо, а яких у тій хвильці цілком не видно. Коли їдемо, то перед нами виринають на овиді все нові речі, нові предмети: корчі, дерева, хрести або могили, а рівномірно з тим поза нами десь ховають ся ті предмети, які ми ще перед хвилькою бачили на овиді; кудинебудь звернемо ся, овид повидиму пересуваєть ся разом із нами, наче якесь зачароване коло, якого осередок є якраз у тому місці, в якому саме знаходимо ся. Можна б думати, що се дієть ся так тому, що наш зір не сягає дальше, як віддаленнє нашого овиду, але се очевидячки неправда! Та ж ми дуже добре бачимо високі гори, віддалені від нас на кількадесять кільометрів, бачимо добре сонце, місяць і звізди, що від нас безмірно дальше!

Правда, наш зір не сягає в безконечність; науково обчислено, що найбільше віддаленнє

предмету, в якому його можна ще бачити голим оком, є 5000 разів більше від його вимірів; ось-так Говірля, висока на 2058 метрів, повинна бути видна з віддалення приблизно 10300 кільометрів, а тимчасом можемо її ще бачити найбільш із віддалення 170 кільометрів. Коли б земля була плоска як стіл, то Говірлю можна би бачити з Нюйорку, а тимчасом її вже не видно зі Львова, що віддалений від неї ледви на 200 кільометрів. Значить, треба тут шукати иншої причини сеї дивної прояви.

Буває, часом посеред степу стоїть висока могила, або яке високе дерево: тополя, дуб, а може й соснина. Скористаймо з цієї нагоди, не пожаліймо труду, та пробуймо вийти на сю могилу, або вилїзти на те дерево. Оттак піднімаючи ся все вище й вище, мусимо завважати, що рівночасно овид щораз то більше від нас віддаляєть ся. Подане низче зіставленнє зображує нам наглядно сї відносини:

Висота нашого ока над поземом — у метрах:	Промінь овидного кола в кільометрах:
2	7
5	9
10	11
50	25
100	36
200	50
500	80
1000	113
2000	160
3000	196
4000	226
5000	252
8000	340

Оттак із вершка дерева, високого на 10 метрів, бачимо кругом себе вже майже два рази дальше, як стоячи посеред рівного поля або степу; з горба, високого на 100 метрів, бачимо довкола вже на віддаль майже 40 кільометрів, з найвищого вершка нашої славної Чорногори, Говірлї, високої на 2058 метрів, наш зір сягає довкола на віддаль приблизно 170 кільом., розумієть ся, наскільки овиду не закривають инші гори; з вершка вулькану Етна, на острові Сицилїї (3300 метрів), сей промінь нашого кругозору досягає до 219 км.; з вершка найвищої швайцарської гори Монблян (4800 м.) він доходить до 264 км., а з верхів найвищої в світї гори Ґаврізанкар, в Гімаляях, високої на 8800 метрів, промінь нашого овиду доходить аж до 350 кільометрів!

Сю прояву можна вияснити тільки тим, що наша земля не плоска, але пукласта; а що так є на кожному місцї нашої землї, то вона мусить бути скрізь однаково пукласта, значить вона є кулею, такою як той мяч, що ним бавлять ся дїти.

Вкінцї, коли б наша земля була справдї така плоска, як нам здаєть ся, то десь мусїв би бути справжнїй беріг того земляного кружка, із якого можна б упасти із землї у безвісти так, як зі стрімкого берега ріки у воду... Були й справдї люди, що шукали такого краю нашої землї й нїколи його не знайшли; противно, денебудь вони були, все бачили кругом себе сей заклятий коловий овид, до якого нїколи не можна наблизити ся, якраз тому, що наша земля кулиста.

Крім сього маємо ще багато инших до-

казів на те, що наша земля куля. От на пр. коли наближуємо ся до високих гір, то насамперед бачимо їх вершки, а опісля що раз то низчі їх частини, так немов би вони виринали зпід землї; а коли від них віддалюємо ся, то тратимо з очий насамперед їх підставу, опісля що раз то вищі їх частини, а на самому кінці їх вершок, так наче б вони западали ся в землю. Те саме мусить завважати кожний, хто здалека наближуєть ся до високих будівель, або від них віддалюєть ся, та хто над берегом моря придивляєть ся, як припливають та відпливають кораблї.

На тім основуєть ся також і проява, відома під назвою „альпейський жар“ (Alpenglühen), яка дуже гарно виступає при заходї сонця, головно тодї, коли в погідну днину із підгірської долини дивити ся на високі, снїгами вкриті гори. У хвилї, коли ясне сонце ховаєть ся за обрієм, підніжа гір потапають у вечірньому сутїнку, та поза тим цїлі майже гори облиті ще ясним соняшним світлом; одначе сутїнок підносить ся все вище й вище, а враз із тим барва гір, зразу звичайна, стає що далї все червонїща... Вмить верхи гір обливають ся крівавою пурпурою, яка на верхах укритих снїгом жарить ся мов справжня розжарена грань... і очам нашим годї відірвати ся від сієї чарівної прояви... Але все те не тріває довго; сутїнок підносить ся все вище й вище, розжарені частини вершків гір зменшують ся все більше й більше, ще хвильку жевріють самі кінцї вершків, мов закрівавлені жемчуги і... вмить усе погасає, а цїлі гори тонуть у нічній темряві... Ця прегарна проява повстає очевидно

від того, що сонце, „заходячи“ чим раз то низче поза обрій, наслїдком пукластої постатї нашої землї захоплює своїм світлом чим раз то меншу й чим раз то вищу частину вершків гір, які в додатку наслїдком скісного освітлення принімають червону краску.

Подібну прояву бачимо при сходї сонця: сходячи, найскорше обливає сонце своїми проміннями найвищі вершки гір, а освітлюючи постепенно чим раз низчі їх частини, сходить вкінцї само понад приспану долину тодї, коли гори вже від давна купають ся у животворному його світлї. Із сього видно, що пукласта постать землї не дозволяє соняшним проміннам освітити відразу цїлої гори, вони можуть се зробити тільки постепенно, починаючи від самих верхів, які виступають значно понад так звану рівну поверхню нашої землї.

Так само тільки кулистою постатю землї можна пояснити прояву так званого „західного сходу сонця,“ замітна проява, яку мають нагоду спостерігати летуни. Коли негайно по заходї сонця летун підносить ся просто вгору, то бачить, як сонце, що на долї на землї було вже зайшло, сходить наново по західній сторонї неба. Те все тріває тільки до тої хвилї, доки летун швидко піднїмаєть ся вгору; коли він здержить ся, або й знизуєть ся, сонце ховаєть ся швидко назад під обрієм.

Безсумнївні докази кулистої постатї нашої землї можна відчитати також на небі, тільки треба як слїд розуміти ті таємні знаки. Оттак, коли подорожуємо по нашій рідній Українї, від заходу на схід, від Попраду аж

по Кубань, мусимо завважати, що чим дальше на схід, тим скоріще сонце сходить, а на стільки ж пізніще заходить. Коли ж подорожуємо по нашій Україні в напрямі від полудня до півночі, от на пр. від Одеси до Чернигова, то бачимо, що в день у саме полудне сонце стоїть чим раз то низче на небі, а в ночі в домі нам звізди, що їх бачимо на північній стороні неба, стають чим раз то вище понад нами, а понад обрієм виступають нові звізди, яких у нас ніколи не видно; навідворіть на полудневій стороні неба звізди понизують ся, а ті, що найблизче овиду, ховають ся під обрієм і зникають з нашого небозводу. Сї згадані переміни виступають усе рівномірно й постепенно, відповідно до пройденої нами дороги, й їх можна пояснити собі тільки кулистою постатю нашої землї.

Тут згадаємо ще про два випадки, які дозволяють нам бачити кулисту стать нашої землї так сказати б безпосередно, наглядно нашими очима. І так, коли ми з високого місця, при заході сонця, здалека дивимо ся на спокійне море, то на поверхні моря бачимо гарний образ нашого сонця; голим оком не бачимо на сьому образї сонця нічого надзвичайного, коли ж на нього подивити ся через далековид, то бачимо дуже виразно, що сей образ „стиснений,“ такий, як його дають зеркала пукласті, а не плоскі. Значить, поверхня моря пукласта, а не рівна.

Та ми маємо також спромогу оглядати часом справжню відбитку постатї нашої землї. Буває се тодї, коли наша земля стане поміж сонцем і місяцем; тодї наше сонце кидає тїнь

нашої землї на місяць, а що ся тінь більш або менше заслонює місяць, то ми сю прояву й називаємо затьміннєм місяця. Як загально відомо, тінь кожного предмету є до нього подібна, отже показуєть ся, що, з якогонебудь боку сонце світить на нашу землю, тінь її на місяцї підчас затьміння є все круглесенька, мов гарно виточений кружочок. Сей факт був уже відомий 2000 лїт перед Христом старим Китайцям і Вавилонцям, і се вже їх переконало, що земля має вид кулї; з цієї самої причини й Аристотель уважав кулисту постать нашої землї науково доказаним фактом.

З тією хвилею, коли загал освічених людий переконав ся, що наша земля може мати кулисту постать, почали роздумувати люди над тим, чи не можна би нашу землю обплисти довкола. Це питаннє було дуже важне з практичних причин, бо тим способом бажали люди дістати ся скорiще до багатих азийських Індій, чи то до Китаю й Япану. Пробував сього Христоф Колюмб (Cristophorus Colom, 1492 р.), що при тій нагоді відкрив у тих часах Европейцям невідому Америку. Та перший, що справдї обплив кругом цїлу землю в протягу трьох років, був Маґален (Magalhaés, 1519—1522 р.) Від того часу люди обпливали вже нераз цїлу землю, і то в ріжних напрямах, а в нинїшнїх часах такі подорожі належать до цїлком звичайних і безпечних: паровими кораблями можна їх відбути у двох місяцях. Одначе тими подорожами ми не можемо ближче займати ся, звернемо тільки увагу на те, що ті всї люди, що обпливали довкола цїлу нашу землю, не подибували нїколи й нїде яко-

гонебудь кінця або берега нашої землї; зате на кожному місцї вони бачили кругом себе такий самий овид, який і ми все бачимо, та вкінцї, пливучи все в одну сторону свiта, повертали остаточно до рідного краю, але з противного боку, як були виїхали. Оттак тi люди, що обпливають довкола цїлу нашу землю, найгарнїще переконують ся про те, що наша земля має вид кулї.

Як же ж воно можливе, щоб наша земля мала постать кулї? Ми ж бачимо на нїй такі високі гори й такі глибокі долини! Одначе подумаймо хвилинку! Із докладних помірів нашої землї, що про них будемо розказувати у наступному уступі, довідуемо ся, що промір нашої земської кулї виносить приблизно 12740 кільометрів! Найвищі гори нашої землї доходять, як знаємо, до висоти 8800 метрів, які ж вони малесенькі в порівнанню до землї! Їх висота виносить ледви півторатисячну частиночку її цїлого проміру. Щоби собі се уявити як слїд, возьмім кулю з проміром одного метра і нехай вона представляє нам нашу землю. Ото ж щоб зазначити на тій кулї найвищі гори, вистане налїпити у відповідному місцї смуги піску: в місцї Гімаляїв і Тибету треба нам насипати звичайний пісок, якого зернятка все ж таки не грубші як три четвертинки мілїметра; Альпи, Кавказ та американські Скалисті гори представить нам смужка звичайного, дрібненького пісочку; Карпати вистане зазначити міленьким пилком крейди, а в місцях, де люди викопали найглибші закопи (шахти), що доходять, як відомо, до 2000 метрів, треба наколоти шпилечкою не глибше, як 15 сотих мілї-

метра; коли б ми на нашій кулї бажали зобразити суходоли: Европу, Азію, Африку, Америку й Австралію, то вповні вистало б згадані частини світа розмалювати звичайною краскою і то — не накладаючи її надто грубо; тоді для зазначення глибоких низин і долин треба б у відповідних місцях більш або меньше стерти згадану краску; в місцях, де припадають високорівні, можна б наліпити відповідні пластиночки паперу, а найбільші морські глибини можна би вкінці представити ямками, не глибшими як на три четвертини міліметра. Коли б ми все це виконали по змозї докладно, дістали б досить вірний взірець нашої землї і, розумієть ся, згадана наша куля, помимо наложених красок та наліплених папірчиків і зерняток піску, все ж таки буде кулею, хоч — що правда — небуде вона ідеально гладка. Адже ж усї кажемо, що помаранча має вид кулї, хоч відповідно до її величини вона має нерівности в десятеро більші як наша земля. Оттак, хоч наша земля має високі гори й глибокі яри та долини, то вони в порівнанню до її величини такі малесенькі, що ми маємо повне право вважати нашу землю кулею.

Розумієть ся, наука не вдоволяєть ся таким означеннєм постатї нашої землї та стараєть ся докладнїще розслїдити сю справу. Такі дослїди сягають ще половини XVII ст. 1672. року французький фізик Рішé (Jean Richer) звернув на се увагу, що маятник, себто тягарець завішений на ниточцї, хитаєть ся в горячих підзворотникових краях повільнїще, як у північних холодних сторонах; найпростїща розвязка сеї загадки була, припустити, що

в околицях рівника земля притягає тягарець менше сильно, як у північних околицях, мабуть тому, що там від поверхні до осередка землі дальше, як в останніх сторонах. Кілька літ перед тим, бо 1666. року, астроном Кассіні (Cassini) відкрив, що відома планета Юпітер має вид досить сильно сплощеної кулї, а в тих саме часах знаменитий анґлійський астроном Ісаак Нютон (Isaak Newton 1642—1727), відкрив епохальний закон загального тяготіння в природі, що став граничним стовпом новітньої астрономії. Пристосовуючи згаданий закон до рухів нашої землї, Нютон обчислив, що наша земля мусить мати вид сплощеної кулї, якої більша вісь мусить бути що найменше на $\frac{1}{230}$-ту частину довша від коротшої оси. Таку постать називаємо в науці „ротацийним еліпсоідом“, і таким треба вважати нашу землю, беручи на увагу ті нерівности, про які ми говорили вгорі. Розуміється, що наша земля не є ґеометрично правильним ротацийним еліпсоідом; нерівномірне розміщеннє суші й води, вплив притягання сонця й місяця та багато инших чинників викликує значні зміни сеї постаті, отже, щоб не вражати ніжного почування докладности й точности ґеометрів, постать нашої землї називаємо особливою назвою: ґ е о і д. Виміряти точно величину й постать сього ґеоіда, це завданнє новочасної науки.

2. Величина нашої землї.

Переконаннє, що наша земля має вид кулї, викликало нестримне бажаннє виміряти її величину. Завданнє видаєть ся цілком легке до розвязки: адже ж сливе кожному відомо із буденного життя, що обвід кожної кулї все приблизно 6·28 разів більший від її проміня, себто від віддалення її поверхнї від осередка. Одначе, як обчислити довжину проміня нашої землї? Безпосередно не маємо спромоги його виміряти, значить — треба до сього шукати инших способів.

Першу ідею до сього подав мабуть дуже простенький і в старовину дуже звичайний прилад, званий у Греків „ґномон“, себто соняшний годинник. Всякому відомо, що тїнь, яку кидає кожне тіло, освітлене сонцем, пересуваєть ся рівномірно, відповідно до того, як пересуваєть ся по небу наше сонце у протягу цілого дня. З огляду на це згаданий рух тїни може бути до певного ступня мірою пори дня, коли, розумієть ся, не ходить нам про строго математичну точність. На тім власне основували ся згадані соняшні годинники, які в своїй найпростїщій постатї були звичайним патичком, застромленим простовисно на рівній дощечцї. Від найдавнїщих часів були вони відомі скрізь по всіх давнїх культурних краях і дуже можливо, що відомі єгипетські обеліски були власне такими ґномонами-велитнями, поставле-

ними для ужитку єгипетського робучого люду та на вічню славу могутнїх фараонів.

Одначе зробім собі маленький соняшний годинник, покладім його напроти сонця та приглянмо ся тїни вказівочки на дощечцї. Ся тїнь має точно означену довжину і напрям, залежний від даного положення сонця на небі. Злучім тепер кінець вказівочки із кінцем її тїни на дощечцї простою лїнійкою, в думцї або справдїшньою тоненькою ниточкою, то ся лїнійка буде представляти нам напрям соняшних промінів, а куг між тією лїнійкою і простовисною вказівочкою можна докладно виміряти із математичною точністю. Ясно, що на даному місцї, в тій самій порі дня й року, сей кут буде все однаковий, і то не зважаючи на величину соняшного годинника, бо наскільки вказівочка буде вища, настільки тїнь її буде довша. Коли ж із нашим „ґномоном“ перейдемо значно дальше в напрямі тїни, себто на північ або на полуднє, то покажеть ся, що тїнь, а з тим і згаданий кут змінюють ся: чим дальше на північ, тим тїнь довша, а кут більший; чим дальше на полуднє, тим тїнь коротша, а кут менший. Яка сьому причина, коли всї проміні нашого сонця до себе рівнобіжні? Тут може бути тільки одна причина сього, а саме, що вказівочка, яку ми все укладаємо простовисно до поверхнї нашої землї, з причини перенесення її на північ або полуднє відхилюєть ся й стає чим раз то більш скісно до свойого первісного положення. Се знову може стати ся тільки наслїдком пукластої постатї нашої землї.

Оттак із величини кутів між напрямом

проміня й простовисною вказївкою можна легко обчислити кут наклонення між „простовисними“ вказївками двох „ґномонів“, уложених у значному віддаленню від себе; коли наша земля куля, то се віддаленнє є такою частиною обводу нашої землї, якою частиною із 360⁰ є згаданий кут наклонення; коли на пр. кут наклонення між вказївками двох соняшних годинників, з котрих один є в Київі, а другий у Севастополї, виносить 6⁰, а віддаленнє між згаданими містами виносить приблизно 670 кільометрів. то се віддаленнє тих обох міст є 60-тою частиною цїлого обводу нашої землї, значить обвід нашої землї виносить майже 40.000 кільометрів. Такий спосіб обчислення обводу нашої землї був уже відомий старим халдейським книжникам які були переконані, що згаданий обвід виносить 24.000 миль, числячи на одну милю 4.000 верблюдиних кроків; знали його також і старокитайські вчені, що робили досвіди з „ґномоном“ ще 1100 лїт перед Христом, а також і просвічені Греки, які думали, що землю може довкола обійти піхотинець у протягу одного року. Одначе першим, що з науковою точністю старався обчислити довжину обводу нашої землї повище згаданим способом, був грецький учений, ґеоґраф Ератостен, який около року 240 перед Христом вимірював обвід землї, обчислюючи наклоненнє вказївки „ґномона“ на віддаленню від Александрії аж до Сиєни в долинї Нїлю. По тих його обчисленнях обвід землї повинен виносити 250.000 стадій, а числячи одну стадію на 150 метрів, одержуємо на тій основі довжину обводу землї кругло на 39.500

кільометрів. Двіста літ опісля математик Посідоній обчислив у той самий спосіб довжину обводу землї на 38.000 кільометрів, а то на основі помірів взаїмного нахилення вказівок соняшних годинників в Александрії і на острові Родос; та на жаль загальний занепад культури в перших початках християнства спинив дальші досліди в тім напрямі. Правда, в 9. столїттю по Хр. арабські вчені піднімають наново згадані досліди, обчислюючи обвід землї на 38.400 кільометрів; одначе з упадком Арабів забувають ся й ті спроби, і довгі віки ніхто не журить ся тим питаннєм. Щойно відкриттє Америки Колюмбом та подорож довкола землї Маґалена поставили знову питаннє вимірів нашої землї на дневний порядок. Найбільші ґенії людства беруть ся до розвязки сього питання, доводять методи дослідів до мистецької доскональности та доходять до майже неймовірно точних вислідів. Історія дослідів згаданого питання в новіщих часах — це справжнїй тріюмфальний похід людського духа!

Трьома дорогами стараєть ся новітня наука розвязати питаннє величини нашої землї: ґеодезією, фізикою й астрономією.

Ґ е о д е з і я, це наука, яка займаєть ся точним вимірюваннєм поверхнї нашої землї. До сього найгарнїще надаєть ся метода так званої „тріанґуляції“, відкриттє якої завдячуємо славному голяндському ґеометрові Снелїєві, Snellius, 1615 р.) Ця метода основуєть ся на вимірюванню поверхнї й віддалення триґонометрийним способом, при помочі багатьох малих трикутників. Добре виміреннє жаданого віддалення залежить тут від точного означення дов-

жини принятої основи та докладного поземого її уложення, а опісля від точного вимірення кутів, які згадана основа творить із раменами дотичного трикутника. Сї всї домагання осягаєть ся тепер ріжними дуже зложеними й дотепними приладами так точно, що можлива похибка доходить ледви до пів міліметра на один кільометер! Розумієть ся, що вчені старають ся докладно виміряти тільки частину обводу нашої землї, по чім уже легко обчислити довжину цїлого дотичного обводу. Таким способом пороблено вже багато помірів на поверхнї нашої землї, із яких годить ся згадати поміри директора російської астрономічної обсерваторії в Пулково, Струвого й скандинавських учених частини полудника від Ледового моря аж до Дунаю, що займає більше як 25° північної ширини, поміри нїмецьких учених Беселя (Bessel) й Беєра (Baeyer) так званої пруської дуги, від Мемля до Трунци, опісля поміри анґлїйських учених під проводом Катера (Kater), від Сцілї (Scilly) до Шетляндських островів, що обіймає до 11° ґеоґр. ширини, та славні поміри уладжені париською академією наук, а саме вчених: Мешена (Méchain) і Делямбра (Delambre) від Дункерки до Барцельони та Араґо (Arago) і Біо (Biot) від Барцельони до Форментери в Балеарських островах, що разом доходить до 12° ґеоґр. ширини, вкінцї поміри Евереста (Everest), переведені в азийських Індіях між Пуне і Калїяна, що обіймають майже 21° ґеоґр. довжини.

На основі тих помірів учені старають ся обчислити величину нашої землї й доходять до більш або менше ріжних вислїдів. Та зпоміж

усїх обчислень найбільшим признаннєм тїшать ся обчислення Беселя в Нїмеччинї і Клярка (Clarke) в Анґлії; а що ті обчислення не згоджують ся зі собою, Гельмерт (Helmert) піддав їх точній науковій критицї й провірцї та тим способом дійшов до посереднїх, загально тепер у науцї принятих, вартостий. Ось вони:

Виміри землї в метрах	Бесель	Клярк	Гельмерт
половина найдовшої, рівникової оси	6377397·05	6378249·17	6378200
половина найкоротшої, бігунової оси . . .	6356078·96	6356514·99	6356800
четвертина найбільшого обводу (рівника) . .	10000855·76	10001867·67	10013774
сплощеннє . . , . .	1/299·15	1/293·47	1/299

Із поданих вимірів бачимо, що наша земля має вид сплощеної кулї, із не надто рівною поверхнею, так званої ґеоіди, якої довша вісь виносить кругло 12756, а коротша вісь 12712 кільометрів, так що ріжниця між згаданими осями доходить до 44 кільометрів, значить сплощеннє землї виносить $\frac{1}{299}$ частину довшої оси.

Фізика розслїджує питаннє величини нашої землї з цїлком иншого боку. Привід до тих дослїдів дав звичайний маятник. Так, справдї! Той маятник, що колибаєть ся в годиннику на нашій стїнї, або просто тягарець, завішений на ниточцї, виведений із рівноваги й колихаючись рівномірно то в один то в другий бік, може нам зрадити велику таємницю постатї нашої землї, тільки треба на хвилинку застановити ся над його рухами.

Задля чого маятник, чи там згаданий тягарець, колихаючись, підносить ся тільки до

невної висоти, а відтак вертає назад на давне місце? Розумієть ся через те, що його якась невидима сила тягне назад вділ і зневолює до повороту. Тією силою є очевидно сила притягання нашої землї. Значить, колихання маятника або тягарця, завішеного на ниточцї, спричинені силою притягання землї й перш за все від неї залежні. Вже безсмертний Ґалїлеї завважав, що рухи розколиханого маятника тим скорїщі, чим він коротший, значить, чим коротша ниточка, на якій завішений тягарець, от — і пробував на тій основі обчислити висоту церковної вежі, із якої звисав розколиханий свічник. Маючи се на увазї, можна б думати, що кожний маятник повинен колихати ся все однаково, відповідно до своєї довжини. Тимчасом Рішé (Richer 1672 р.) завважав, що точний годинник, якого маятник у Парижі колихав ся рівно один раз на кожну одну секунду, перевезений до підрівникових околиць, спізнював ся 2 мінути й 30 секунд на добу; щоби ж його направити, треба було скоротити маятник на 3 мілїметри. Привезений назад до Парижа згаданий справлений годинник поспішав стільки ж само, так що його маятник треба було на 3 мілїметри продовжити. Показуєть ся, що чим дальше від осередньої лїнії на поверхнї нашої землї, так званого рівника, тим більше приспішують ся колихання маятників; маятник, який у протягу одної доби колихаєть ся на рівнику 86 400 разів, колихаєть ся в тім самім часї 86.520 разів на 45° північної ґеоґрафічної ширини, себто на лїнії, на якій приблизно лежать міста: Бордó (Bordeaux) у Франції, Торіно або Турин (Torino) в

Італії. Терст або Трієст і Білгород в Югославії та в полудневій Україні: Симферопіль, Катеринодар і Ставропіль. Той самий маятник колихати меть ся у протягу одної доби 86624 разів, коли б ми його перенесли на самий вершок нашої землї, себто на бігун. Ся проява була вже відома за часів Ньютона, і сей великий дослїдник природи відразу зрозумів, що причини сього треба тут шукати в тому, що поверхня землї на рівнику мусить бути більше віддалена від осередка землї, як на бігунї. На основі свойого закону загального тяготїння в природї, а власне, що сила притягання є просто пропорціональна до мас, а відворотно пропорціональна до квадрату віддалення, Ньютон, як знаємо, старав ся навіть обчислити величину сплощення нашої землї, але сї обчислення не могли бути дуже докладні. Пізнїщі дослїди виявили, що рухи маятника залежні крім сього ще й від висоти положення місця дослїдів, а також і від температури, тиснення атмосфери та густоти землї. Щодо першого впливу, то розуміє ть ся, що дослїди маятником рідко коли виконують ся при поземі моря, звичайно виконуєть ся їх на суші, яка більш або менше піднесена понад поземом моря, що, розуміє ть ся, збільшує віддаленнє маятника від осередка землї. Задля сього всї поміри маятником спроваджуєть ся до висоти над поземом моря, що легко виконати, знаючи висоту даного місця і взаїмну звязь між колиханнєм маятника й його віддаленнєм від осередка землї. Наслїдком змін температури довжина маятника теж змінюєть ся: при огріванню збільшуєть ся, а при осту-

дженню зменшуєть ся, а се має теж немаловажний вплив на скорість його хитань. Тому всї поміри маятником спроваджуєть ся до температури 0° С. Невеличкий, а все ж таки важний вплив має так само й атмосферичне тисненнє: коли повітрє сухе, воно тисне сильнїще, як тодї, коли воно вогке, а через те й таку дрібничку мусить ся узглядню вати, спроваджуючи обчислення до так званого „vacuum", себто приймаючи, що маятник колихаєть ся в цїлком безвоздушному просторі. Вкінцї в останнїх часах відкрито ще один чинник, який впливає на рухи маятника, а се густота землї. Показуєть ся, що ця густота на ріжних місцях ріжна, збільшеннє її спинює рухи, зменшеннє викликує приспішеннє, отже означивши густоту дуже дотепними приладами, доконуєть ся і з сього боку відповідну поправку. Як бачимо, досліди над колиханнями маятників не такі легкі, як би се нам здавало ся на перший погляд, та все ж таки і в тому напрямі наука й технїка дійшли вже до справдїшнього мистецтва: знаменитими маятниковими приладами Штернека (Sterneck) або Деформа (Defforges) при помочі дрібновидів (мікроскопів), означуєть ся зміни в довжинї маятника до двох мікронів ($\frac{2}{1000}$ мілїм.), а при помочі електричного часоміру ріжниці в часї колихань маятника означуєть ся навіть до пяти мілїонових частинок секунди! На основі багатьох таких докладних помірів, виконаних Пейрсом (Peirce), Сабіном (Sabine) і богатьома другими, міг вкінцї Гельмерт означити точно сплощеннє нашої землї на $\frac{1}{298\cdot3}$ частину великої, рівникової оси, а тим самим

доказати й сим способом дійсну стать цієї дивної ґеоіди.

Астрономія вкінці причинила ся також до докладнїщого означення правдивої постаті нашої землї. Має наша земленька вірного товариша, який таки зрадив її найбільшу тайну: у тиху, ясну ніч він мовчки виходить на небо і, немов усміхаючи ся нишком, нашіптує астрономам: „Дивіть, вона таки горбата!“ Тим зрадливим товаришем є місяць. Його рухи у всесвітьому просторі так залежні від найблизчої сусїдки — землї і тісно з нею звязані, що вже справедливо писав славний астроном Ляпляс (Laplace) у свойому творі „Виясненнє укладу світа“ (Exposition du systéme du monde 1797): „Оттак астроном має спромогу, не опускаючи своєї обсерваторії, тільки на основі порівнань теорій рухів місяця зі спостереженнями на ньому, означити постать і величину землї, завданнє, яке позатим дається ся осягнути тільки після довгих і мозільних виправ у далекі краї.“ А теорія й дійсність тут у незгоді.

На цю незгоду між теоретичним обчисленнєм дороги місяця й дійсними його рухами звернули вже давно увагу астрономи, а Товія Маєр (Tobias Mayer 1757) розслїдив навіть докладно сю появу та обчислив, що дотична ріжниця, що періодично виступає, виносить приблизно 7 сек.(''), одначе не міг вияснити її причини. Щойно згаданий Ляпляс, основуючи ся на відомих законах Нютона, доказав, що причиною тут може бути тільки більше нагромадженнє маси в околиці рівника землї, наслїдком чого наша земля мусить мати вид сплощеної кулї. Се сплощеннє означив сам

Ляпляс на $\frac{1}{299}$ частину довшої, рівникової оси. Ріжними способами провірювали відтак астрономи погляди Ляпляса: одні слїдили пильно рухи поодиноких замітних точок на поверхнї місяця, другі означували точно перебіг „накривання“ постійних звізд, які місяць, пересуваючи ся по небу, закриває перед нашими очима, треті порівнювали віддалення місяця, обчислені рівночасно із обсерватсрій на ріжних місцях нашої землї, а що послугували ся при тім дуже докладними далековидами, фотографіями й ріжними мистецькими приладами, то й вислїд, до якого вони дійшли, дещо ріжнить ся від вислїду Ляпляса. На основі тих усїх дослїдів обчислив згаданий уже Гельмерт (1884 р.) довжину рівникового проміня на 6378·83 кільометрів, приймаючи при тім після Беселя сплощеннє $\frac{1}{299 \cdot 15}$. Се обчисленнє, як бачимо, дуже згоджуєть ся з тим, до якого дійшли вислїди ґеодезії й фізики, і ми можемо мати надію, що найновіщі зусилля вчених, означити докладно постать цїлої поверхнї нашої ґеоїди, увінчають ся вже небавом гарним успіхом. Одначе заки сього діждемо ся, то з огляду на невеличку ріжницю між згаданими двома осями нашого ґеоїда, можемо тимчасом уважати нашу землю кулею з промінем посередньої величини, себто довгим на 6367·5 кільометрів; відповідно до сього виносять приблизно: поверхня нашої землї 510,065 000 км², а її обєм 1,083.205,000.000 км³. Кругло беручи, виносять у нашої землї: промір 12700 кільометрів, поверхня 500 мілїонів квадратних кільометрів, а обєм 1 білїон шестистїнних кільометрів — величини такі великі, що тяжко їх собі пред-

ставити як слїд та зрозуміти; а все ж таки вони непомітно малі в порівнанню до тих, з якими зустрінемо ся ще у всесвітних безмежних просторах.

3. Міжнародні міри.

Із обчисленнями величини нашої землї тїсно звязане установленнє міжнароднїх мір довжини, поверхні, обєму й тягару тіл. Давнїще кожний народець і кожна країна мали свої питомі, споконвічними звичаями усвячені міри, які не мали нічого спільного із собою та означували ся ріжнородними назвами. Вправдї для міри довжини загально приняті були пересїчні довжини людської стопи або ліктя, для поміру поверхні невеличкі шматки поля: морґ або десятина, для міри обєму певні скількости збіжа: корець або діжка, або невеличкі, загально уживані посудини до пиття, та все ж таки всї міри не були точно означені й мали такі ріжнородні назви, що про якунебудь научну точність не було мови. З часом взаїмні купецькі відносини довели, що правда, до загального міжнародного признання певних мір, уживаних у культурних народів, але все ж таки кожний народ держав ся вперто своїх питомих мір, а заєдне переміюваннє одних мір на другі, було дуже недогідне й спинювало міжнародні взаємини, головно в науці. Задля сього, в часах великої фран-

цузької революції, рішила парижська академія наук установити одні міжнародні міри. За основу рішено взяти довжину обводу нашої землї і в тій власне цїли, на порученнє згаданої академії, астрономи Мешен і Делямбр, а опісля Араґо і Біо, як ми вже згадували, взяли ся до поміру частини обводу землї, від Дункерки над каналом Ляманш аж до балеарського острова Форментера, і на основі поміру сеї величезної віддалї, що виносить нинїшних 1300 кільометрів, обчислено цїлий обвід нашої землї. Сорок міліонову частину сього обводу принято за всесвітню одиницю міри довжини і названо її „м е т е р“.

Більші й менші міри від метра утворені на основі десяткового укладу. І так маємо:

Величина	Назва	Знак
10000 метрів	міріяметер	Мм
1000 метрів	кільометер	km
(100 метрів	гектометер	hm)
10 метрів	декаметер	dkm
1 метер	метер	m
0·1 метра	дециметер	dm
0·01 метра	центиметер	cm
0·001 метра	мілїметер	mm
0·001 мілїметра	мікрон	mi
0·001 мікрона	мікромілїметер	mmi

Рівночасно принято також нові відповідні міри поверхнї, обему й тягару.

Як міру поверхнї принято квадрат, якого бік довгий на одиницю міри довжини. Отже: квадратний метер ($= 1\ m^2$), квадратний дециметер ($= 1\ dm^2$), квадратний центиметер ($= 1\ cm^2$) і т. п.

Розумієть ся, що: $1\ m^2 = 100\ dm^2 = 10.000\ cm^2 = 1\,000.000\ mm^2$ і т. д. В практицї

один декаметер квадратний (1 dkm^2) називаєть ся „ар“ (a). Квадратний гектометер має сто арів і називаєть ся гектар (ha).

Мірою обєму принято шестистїнник, якого кожна грана довга на одиницю міри довжини, отже і шестистїнний метер (m^3), шестистїнний дециметер (dm^3), шестистїнний центиметер, і т. д.

Розумієть ся, що 1 m^3 = 1000 dm^3 = 1,000.000 cm^3.

Одиницею міри тягару признано тягар одного шестистїнного центиметра хемічно чистої води при 4° C, який названо коротко „ґрам“. Звичайно уживають ся ось такі міри тягару:

Величина	Назва	Знак
1000 кільоґрамів	тона	t
100 кільоґрамів	сотнар	q
1000 ґрамів	кільоґрам	kg
(100 ґрамів	гектоґрам	hg)
10 ґрамів	декаґрам	dkg
1 ґрам	ґрам	g
0·1 ґрама	деціґрам	dg
0·01 ґрама	центіґрам	cg
0·001 ґрама	міліґрам	mg

У той спосіб установлено міжнародні міри, на основі поміру обводу землї. Велитенську цю працю покінчено щойно в пятьдесятих роках минулого столїття, а найбільші вчені тодішнього часу, між ними Кондорсе́ (Condorcet), Ляпляс (Laplace), Ляґра́нж (Lagrange) і Лєжа́ндр (Legandre) брали в нїй діяльний удїл.

Вкінцї обчислено докладно довжину ново принятої міри і три перші зразки сього нового „метра“, зроблені з плятини, зложено на перехованнє по одному в парижських архі-

вах: академії наук, астрономічної обсерваторії та міністерства.

По ухваленню в парляменті відповідного закона нова міра почала здобувати собі поволі право горожанства, не тільки у Франції, але й в инших культурних краях.

З часом одначе показало ся, що плятина дуже вразлива на зміни температури, до того згадані зразкові примірники „метра“ дуже знищили ся на кінцях через постійне порівнуванне із метрами, вироблюваними на продаж, в додатку зразкові метри були недоступні для других культурних народів, — сі всі причини викликали потребу нового порозуміння. Се й рішено було на першому всесвітньому конґресі поміру землі у Берліні 1864 р., а по довгих переговорах між академіями і правлїннями на другому такому конґресі в Парижі 1875 р. засновано задля береження сїеї справи осібне „Міжнароднє Бюро мір і ваг“ з постійним осідком у Бретей коло Парижа (Breteuil). в склад якого входять відпоручники 20 держав.

Згадане бюро провірило докладно довжину першого „метра“, веліло виконати 30 нових примірників сеї нової міри з особливої мішанини плятини й ірідія, що дуже мало вразлива на зміни температури, і то вирізавши поділку на особливих стовпиках, що на прорізї мають вид букви H, а це задля того, щоби не допустити до можливого скручення або зігнення. Такі зразкові метри й зразкові кільоґрами зі згаданого металю розіслано урядам усіх 20-ти держав. В останнїх часах згадане бюро виготовило нові примірники згаданих мір із особливої мішанини нїклю й сталї, ще

менше вразливої на зміни температури, а до того майже зовсім невразливої на магнетизм, та під проводом визначних учених Бенуá (Benoit) і Ґійóм (Guillaume) постійно працює над видосконаленнєм мистецької та строгої помірової техніки й науки.

При тій нагоді годить ся зазначити, що згадана комісія признає вповні неточність первісного обчислення рівникового обводу нашої землї, що послужило до установлення довжини першого, зразкового метра: адже ж відповідно до признаних тепер за найдоклад-нїщі обчислень Клярка, четвертина рівникового обводу землї виносить приблизно 10.001.868 метрів, так що, якби правдивий метер мав дїйсно виносити одну десятьмілїонову частину четвертини довжини рівникового обводу нашої землї, треба б його збільшити майже на 0·1868 mm, або 186·8 mі. Такої ріжниці годї легковажити, бо при довжинї 1-го кільометра вона зростає вже майже до 187 мілїметрів. Одначе з огляду на те, що при дальшім постійнім видосконалюванню помірових способів і приладів і ся довжина згаданого обводу землї ще довго буде змінювати ся, а опісля й тому, щоби не вводити замішання та не примушувати до перечислювання всїх до тепер пороблених помірів, згадана комісія полишила первісний „архівний“ метер одиницею міри довжини, не зважаючи на те, якою частиною обводу нашої землї він є тепер і буде в будучности.

4. Один із основних законів природи.

Кулиста постать нашої землї наводить нам на думку питаннє: як держать ся на нїй люди, звірята, каміннє та всї річи загалом, неприкріплені нічим до її поверхнї, з окрема ті, що є по противній сторонї нашої землї? В XVI. столїтю, коли наука кулисту стать нашої землї вважала вже доказаною правдою, загально розширені були гумористичні малючки, на яких представлена була земля в видї маленької кулї, а на нїй стояли чотири людські постатї уложені до себе навхрест, а такі великі, що дотикали ся своїми ногами. На такім рисунку різько виступали наслїдки кулистої постатї нашої землї: зразу видно було, що люди, які віддалені від нас на четвертину обзоду нашої землї, уложені супроти нас під кутом простим (90°), немов завішені над пропастю, а ті, що по противній сторонї землї, уложені супроти нас цїлком відворотно і ходять просто коміть головою. Такі образочки мусїли пророчисто промовляти до переконання наївних людий і певно були успішним аґітацийним доказом проти поглядів науки. Одначе в тім то й річ, що тут маємо до дїла із цїлком відмінними відносинами, як се представлено на згаданому малюнкові. Знаємо вже, що, відповідно до величини нашої землї, навіть найвищі гори такі

малесенькі, як зернятка піску супроти найбільшого навіть гарбуза. В виду сього найдрібніщий порошок усе це більший супроти гарбуза, як чоловік у порівнанню до нашої землї. І чого ж тут дивувати ся, що згадана порошинка не відпадає від тієї кулї? Та ж гарбуз покритий нераз грубою верствою пороху й усякого сміття, а ми в сьому не бачимо ніякого дива! Не треба тільки забувати на дійсні відносини між величиною чоловіка й земської кулї, а тодї зрозуміємо теж і це диво, як можуть ходити люди по другій стороні нашої землї, відвернені від нас комізь головою в просто противну сторону?

Така малесенька жива порошинка, що зветь ся „чоловік", обнимає своїм зором тільки малесеньку частиночку велитенської поверхнї нашої землї, і сей малесенький кружочок поверхнї землї, обмежений овидом, є для нього підставою; все, що звернене в сторону тієї підстави, є звернене „вділ", а що звернене в сторону противну, звертаєть ся „вгору"; денебудь ми стоїмо на землї, то долом і сподом є для нас поверхня землї, на якій ми опираємо ся своїми стопами, а горою або верхом є все те, що є понад нашими головами; „вділ" — значить у сторону осередка землї, а „вгору" — значить у сторону противну. Не можна ж горішньою стороною назвати ту частину поверхнї нашої землї, на якій живемо, бо ж скрізь на инших місцях землї, а навіть по противній її сторонї, живуть теж люди, що такі ж самі як ми і так само оцінюють, що таке „вгору" і „вділ". Для нашої землї нема ніде горішньої або долішньої сто-

рони, саме тому, що вона куля. Та все ж таки розуміннє згаданих прояв цілком не прояснює нам, у який спосіб держать ся землї всї свобідні тїла на її поверхнї, та чому вони не відпадуть від поверхнї землї десь у безвісти?

Довгі віки було це питаннє таємною загадкою, аж 1673-го року прояснив його ґенїяльний астроном і дослїдник природи Ісаак Нютон. Ось погляди сього великого вченого: Кожна й наменша частиночка кожної матерії надїлена силою притягання: тією силою держать ся взаїмно складові частиночки кожного тїла, а так само всї тїла взаїмно із землею, а вкінцї й усї „небесні тїла", себто земля, сонце, місяць і звізди, між собою. В цїлій природї панує всевладно закон взаїмного тяготїння. З огляду на те, що ся сила притягання є в кожній і найменшій частиночцї кожної матерії, вона тим більша, чим більша маса тїла, а тим менша, чим менша маса тїла; одначе, хоч тією силою держать ся взаїмно всї тїла, навіть і віддалені від себе, то все ж таки вона з віддаленнєм зменшуєть ся, і то в той спосіб, що тїла віддалені два рази дальше, притягають ся чотири рази слабше, віддалені три рази дальше, девять разів слабше, чотири рази дальше, шіснацять разів слабше і т. д. Отже, коротко кажучи, взаїмна сила притягання тїл є просто пропорціональна до маси, а відворотно пропорціональна до квадрату віддалення тїл. Оце той славний закон загального тяготїння в природї, яким здобув собі Нютон безсмертну славу, се той таємний ключ до розвязки багатьох таємниць при-

Нютон Ісаак,

основник новіщої математичної фізики й фізичної астрономії, уродив ся 5. січня 1643 р. у Гульсторп, (Whoolstorpe) у полудн. Анґлії, помер 31. марта 1727 р. в Кензінітен (Kensington, на захід коло Льондону). Відкрив і пристосував до астрономічних прояв закон загального тяготїння (у творі „Philosophiae naturalis principia mathematica“ 1687 р.)

роди, се те чарівне слово, яке дозволяє нам розуміти будову та устрій цілої нашої вселенної. Дійшов до сього закону Нютон, приглядаючи ся зі зрозуміннєм найзвичайнїщим проявам природи, і так був переконаний про те, що сей закон є тільки сконстатованнєм очевидних фактів, що всїм своїм поклонникам і критикам відповідав усе смирно: „Я не творю гіпотез-здогадів“.

Відкриваючи згаданий закон загального тяготїння, поклав Нютон основи новітньої астрономії, яка швидко дійшла до пишного розвою й розцвіту.

5. Тягар і густота землї

Зміріти тягар нашої землї, було здавна бажаннєм учених фізиків і астрономів. Мріяв уже мабуть про се й старий Архимед, коли вважав за можливе порушити землю з її основ, якщо була б тільки змога, мати до сього відповідну зачіпну точку: але ся мрія могла здійснити ся щойно тодї, коли з одного боку обчислено бодай приблизно величину землї, а з другого відкрито згаданий закон загального тяготїння. Бо в двоякий спосіб можна обчислити тягар нашої землї: а саме на основі або її величини, або закону Нютона.

Перший спосіб видаєть ся дуже простим. Із попереднього знаємо, що приблизний обєм нашої землї виносить один білїон вісїмдесять три тисячі двіста пять мілїонів шестистїнних кільометрів, значить — тепер треба б тільки обчислити, кілько важить один кільометровий

шестистїнник із того матеріялу, з якого утворена наша земля; і тим самим стане відомий тягар цїлої землї. Одначе як се обчислити? Наша земля утворена з дуже ріжнороднього матеріялу: на поверхнї землї бачимо воду, чорнозем, глину, пісок та ріжне камінне й скали, а під поверхнею землї укриті ріжні металї й неметалї, руди та й инші камінї-мінерали. Весь той дуже ріжнородний матеріял має дуже ріжний тягар. Сей тягар оцїнюєть ся по тім, скільки важить один шестистїнний центиметер даного матеріялу, зважений ґрамами, і се називаєть ся питомим, зглядним або специфічним тягарем.

Ось кілька примірів питомого тягару найзвичайнїщих тїл природи:

Мінерали первні	питомий тягар	Мінерали зложені	питомий тягар
Ґрафіт (вуголь)	2	Вода	1
Сірка	2	Кремінь	2·7
Залїзо	7·5	Камінна сіль	2·2
Мідь	8·5	Вапняк	2·7
Олово	11·5	Дольоміт	3
Ртуть	13·6	Ґіпс	2·3
Срібло	10·5	Амфіболь	3·1
Золото	19	Скалинцї	2·6
Плятина	20	Каолїн (чиста глина)	2·2

Руди залїза:	пірит (сїрчак)	5
	маґнетит (окис)	6
	гематит (окис)	5
	лїмонїт (окис)	3·5
	сідерит (вуглян)	4
Инші руди:	халькопірит (сїрчак міди)	4·2
	куприт (окис міди)	5·8
	маляхіт (вуглян міди)	4
	ґаленїт (сїрчак олова)	7·5
	арґентит (сїрчак срібла)	7·2
	киновар (сїрчак ртути)	8

Одначе, як відомо, переважна часть тут поданих найзвичайнїщих мінералів находить ся тільки в малих скількостях; коли ж говоримо про тягар землї, то тут мусимо брати на увагу перш за все той матеріял, з якого утворенї ті скали, що з них збудована цїла наша земля. Отже дотично сього розріжнюємо два роди скал: одні „первісні“, які повстали з остигання гарячих розтоплених мас, а другі „осадові“, що повстали з намулів та инших осадів. Приглянього ся тим матеріялам:

Первісні скали утворені переважно з оцих матеріялів:

скалинцї, (59% первісних скал),	питомий тягар	2·6
креміннє, (12% первісних скал),	питомий тягар	2·7
амфіболї, (17% первісних скал),	питомий тягар	3·3

Осадові скали зложені знову переважно із оцих матеріялів:

кремінь, головний складник пісковиків,	п. тягар	2·7
вапняк	питомий тягар	2·7
дольоміт	питомий тягар	3
ґіпс	питомий тягар	2·3
глина	питомий тягар	2·5

Питомий тягар найважнїщих первісних скал такий:

ґраніт	2·7	фонолїт	2·6
сиєніт	2·7	серпентин	2·8
порфір	2·7	базальт	3·1

пересїчний питомий тягар: 2·8

Оттак із наведеного зіставлення бачимо наглядно, що пересїчний питомий тягар усіх скал нашої землї не надто великий, пересїчно означують його на 2·8. Значить, один шестистінний центиметер нашої землї важить пересїчно 2·8 ґрамів, а в такому разї один шестистінний кільометер важить пересїчно:

2,800.000,000.000 kg, себто: два біліони, вісімсот тисяч міліонів кільоґрамів, а ціла наша земля повинна важити 1,083.205,000.000 разів більше, то є: 3,032.974,000.000,000.000,000.000 kg, себто: три квадріліони трицять дві тисячі девятьсот сімдесять і чотири тріліони кільоґрамів, або кругло 3.000 тріліонів тон!

Повище обчислений тягар нашої землї відповідав би тодї дійсности, коли б наша земля була ціла з такого матеріялу, який ми бачимо у відомій нам верхній її верстві; одначе ми не сміємо забувати, що наше пізнаннє землї з сього боку дуже недостаточне. Найбільші глибини, до яких вдало ся людям докопати, виносять у копальнях вугля на Горішньому Шлеску: в Парушовіцах 2003·34 m, і в Чухові 2239·72 m, а в копальнях нафти в півн. Америці коло Клярксберґ (Clarksburg) 2251 m, і коло Фейрмонт (Fairmont) 2.310 m, значить, мало що більше понад 2 кільометри; яку ж вартість може мати хоч би й найдокладнїще пізнаннє верстви землї грубої на 2 кільометри, коли промінь землї виносить, як знаємо, пересічно 6367 km? Правда, на обривах у підніжах високих гір, маємо часом спромогу бачити й пізнати такий матеріял, який правдоподібно походить із глибин, що сягають до 8-ох кільометрів. У таких випадках бачимо там звичайно згадані первісні скали, переважно ґраніт і пересічний їх питомий тягар, як згадано, виносить власне 2·8, а з того можна б виснувати, що наші обчислення мають вартість навіть до глибини 8-ох кільометрів; але се все ще глибини такі малі, що зникають у порівнанню до проміру нашої землї та не дають нам права говорити про те, що діеть ся у її

безмірному нутрі; і так мусимо шукати инших, певнїщих способів для наших дослїдів.

Чотири звичайненьких приладів дає науцї чотири ріжні способи до розвязки сього питання, а власне: 1. прямниця, 2. маятник, 3. „скрутниця" і 4. звичайна вага.

1. Загально відомо, що якийнебудь тягарець, завішений на ниточцї, натягає цю ниточку точнїсїнько простовисно до землї тому, що земля притягає його просто до своєї середини. Тимто й уживаєть ся так завішеного тягарця до визначування напряму, простовисного до поверхнї землї, і на сьому основуєть ся звичайненький прилад „прямниця", яким послугують ся мулярі, теслї й будівничі. Тимчасом показуєть ся, що коли прямницю уложити близько великої гори, то тягарець відхилюєть ся від простовисного положення, і то тим більше, чим більша гора. Очевидно гора притягає тягарець до себе, поконуючи силу притягання землї. Значить, треба тільки обчислити обєм і тягар гори, що легко виконати, знаючи її висоту й підставу, то при відомім уже обємі нашої землї можна обчислити її тягар, бо величина відхилення прямницї мусить бути просто пропорціональна до тягару гори. Теоретично доказав се вже великий Нютон, а вслїд за тим багато вчених обчислювало тим способом тягар землї, причім свої дослїди переводили звичайно при вульканах, яких правильна стіжковата постать дає змогу досить точно обчислити їх обєм і тягар. Слїд зазначити, що такі обчислення не можна вважати за дуже докладні, як сього вимагає наука.

2. Із попереднього вже знаємо, що ма-

ятник, себто тягарець, завішений на ниточці, хитаєть ся відповідно до своєї довжини й віддалення від осередка землї. Тому й показуєть ся, що маятник, уложений на вершках гір колишеть ся швидше, як винесений до тієї самої висоти при помочі бальона. Видно, що маса, з якої утворена гора, притягає до себе тягарець маятника і через те прискорює його рухи. Се прискореннє буде пропорціональне до тягару гори, а наслїдком сього, знаючи обєм і тягар гори та обєм землї, можна знов обчислити тягар землї. Очевидно, зважаючи на те, що й у тім випадку треба обчислювати обєм і тягар дослїджуваної гори, роблять ся такі дослїди так само на вульканїчних, правильно стіжковатих горах; та все ж таки з причини, що маятник дуже вразливий на ріжницї сили притягання, вислїди тих дослїдів куди більше вдоволяють вимоги науки, як попереду згадані.

В новіщих часах пристосовано маятник і до анальоґічних дослїдів у глибоких рудокопах. Як можна було сподївати ся, в глибоких закопах маятник колишеть ся скоріще, як на поверхнї землї, отже, знаючи приблизно тягар верстов понад місцем дослїдів і прискореннє, маємо також можність обчислити тягар землї, хоч і тут вислїди не дуже певні.

3. Обидва згадані способи обчислення тягару нашої землї мають, як ми бачили, один перворóдний гріх: вислїд їх залежить від обчислення тягару частин маси нашої землї, гори або скал, що нїяким способом не дасть ся обчислити із науково вимаганою точністю. Через те всї вислїди, одержані тими способами, можуть мати тільки приблизну вартість.

Від сеї великої недостачі вільні два останні способи вимірювання тягару землї, а то при помочі ваги, бо тут усї чинники дають ся означити з математичною точністю. Як тільки Нютон обявив свій закон загального тяготіння, вчені почали роздумувати над тим, чи не можна би при його помочі просто зважити нашу землю? Теоретично беручи, повинна це бути легка річ. Коли матерія кожного тїла надїлена силою притягання, то треба тільки виміряти силу притягання якогонебудь тїла відомого обєму й тягару, а тягар землї буде відомий; він буде просто пропорціональний до згаданих величин. Коли б ми на приклад мали кулю з таким питомим тягарем, як наша земля, і з проміром на один метер, то її сила притягання була б 13 мілїонів разів менша від сили землї, бо на стільки ж разів приблизно більший промір сеї останньої. Одначе безпосередно виміряти таку малесеньку силу притягання не вдавало ся. Аж 1798 р. англїйський фізик Кевендіш (Cavendish) видумав відповідний до сього прилад, який ми назвали „скрутницею“ (Drehwage). Є се легкий а сильний прутик, завішений по самій серединї на тоненькій ниточцї, на обидвох кінцях якого завішено дві кулї однакового тягару. У той спосіб дістаєть ся дві кулї, які мимо велитенської сили притягання землї є незвичайно рухливі та дуже вразливі. Коли ж до такого приладу зближимо велику кулю, точно означеного обєму й тягару, вона притягне найблизчу кулю скрутницї, і її рамя відвернеть ся від первісного становища. Кут скруту є мірою сили притягання згаданої кулї. В той спосіб

одержуємо всї дані, потрібні до обчислення тягару нашої землї, з вислїдом, що вповні нас удоволяє. Новою відміною згаданої скрутниці є прилад Вільзінґа (Wilsing), що основуєть ся на злученню маятника і скрутниці та своєю незвичайною вразливістю дає дуже гарні вислїди.

4. Вкінці по багатьох трудах удало ся вченим зважити, так сказати б, безпосередно тягар землї! Спосіб до сього придумав Йолї (Jolly) 1876. р., а видосконалили його відтак Пойнтінґ (Poynting) іРіхарц (Richarz) та Крігар-Менцель (Krigar-Menzel). Сам прилад в основі дуже простий. Є се звичайна дуже точна (прецизийна) вага, яка одначе по обох кінцях має по дві терезки (мисочки), віддалені від себе на 21 метрів. Коли ми тепер якесь тїло, зважене на горішних терезках, перенесемо на долїшну терезку, стає воно тяжчим, а то з причини зближення до осередка землї. Так на приклад 5-кільоґрамовий тягар у данім випадку стає тяжчим на 31·7 мілїґрамів. Коли ж ми тепер під долїшню терезку положимо ще велику оловяну кулю, яка має в промірі 1 m, то згаданий тягар стане ще тяжчий, а власне на 0·6 mg. Сей приріст тягару (0·6 mg) спричинений силою притягання оловяної кулї, коли тимчасом попередній приріст (31·7 mg), був викликаний притяганнєм самої землї; наслїдком сього маємо спромогу, через порівнаннє згаданих сил притягання та обємів згаданої оловяної кулї й землї, узглядненюючи при тім і тягар згаданої кулї, обчислити тягар самої землї, а се обчисленнє таке точне, що можлива похибка доходить ледви до 0·01 час-

тини питомого тягару. Пригляньмо ся тепер вислїдам найважнїщих згаданих дослїдів на оцьому короткому перегляді:

	Дослїди вчених:	Рік дослїдів:	Питом. Тягар:	Пересїчна:
I.	Дослїди прямницею:			
1.	Буґе (Bouguer) на Чімборазо	1738	5·1	5·1
2.	Мескеляйн і др. (Maskelyne) на Шеґалїєн	1775	4·9	
3.	Джемс (James) на Арсерс Сіт (Arthurs Seat)	1856	5·3	
II. а.	Дослїди маятником на горах:			
4.	Карлїнї (Carlini) на Мон Сенї	1823	4·95	
5.	Менденгаль (Mendenhall) на Фуджіяма	1880	5·77	
6.	Престен (Preston) на Ґалєакаля	1887	5·67	
7.	Престен на Мауна Кеа	1892	5·13	5·66
8.	Дослїди на Пайкс-Пік (Pikes-Peak)	1894	5·63	
II. б.	Дослїди маятником у рудокопах:			
9.	Ейрі (Airy) в копальнях вугля в Гартон	1854	6·67	
10.	Штернек (Sterneck) у Пшібрам	1883	5.77	
III. а.	Дослїди скрутницею:			
11.	Кевендіш (Cavendish)	1798	5·48	
12.	Райх (Reich)	1838	5·49	
13.	Бейї (Baily)	1842	5·58	
14.	Райх (Reich)	1850	5·58	
15.	Корню і Бай (Cornu, Baille)	1892	5·53	
III. б.	Дослїди маятниковою скрутницею:			5·55
16.	Вільзінґ (Wilsing)	1889	5·58	
IV.	Дослїди прецизийною вагою:			
17.	Йолї (Jolly)	1876	5·69	
18.	Пойнтінґ (Poynting)	1891	5·49	
19.	Ріхарц і Кріґар-Менцель	1896	5·50	
	Загальна пересїчна вартість:			5·52

Оттак із повище поданого зіставлення бачимо, що питомий тягар нашої землї, обчислений на основі дослідів при помочі прямницї, маятника й нарошне приладжених ваг (5·2), приблизно майже два рази більший, як обчислений на основі пересїчного тягару найзвичайнїщих скал (2·8); відповідно до сього й тягар нашої землї, обчислений останнїми способами, виносить майже два рази більше, як попереду згаданий, бо приблизно 5,979.291,600.000,000.000,000.000 кільоґрамів, себто кругло 6000 трілїонів тон! Яка може бути причина сеї різкої незгідности? З наукового боку не можна закинути нїкотрим зі згаданих дослїдів нїякої похибки, так що обидві вартости на тягар, питомий і безоглядний, землї треба уважати за дуже зближені до правди. В такому разї тут тільки одинока можливість, а саме, що наша земля в нутрі далеко тяжча, як на поверхнї.

Подрібні поміри Гельмерта, Ліпшіца (Lipschitz), Дарвіна і Штампфа (Stampf), виказали справдї, що питомий тягар нутра землї повинен виносити приблизно 11, значить стільки, скільки виносить питомий тягар олова або срібла. На тій основі здогадуємо ся, що нутро нашої землї утворене з тяжких металів: залїза, міди, срібла, олова, золота й плятини.

Повстає тільки питаннє, в якій глибинї є сей тяжкий матеріял. Загально думають, що в самому нутрі, одначе досліди Гельмерта і Ліпшіца вказують на те, що сила тяготи збільшуєть ся в нашій землї до певної глибини, не глибше як 0·18 частинки проміня землї, відтак вона постепенно зменшуєть ся, доходячи

в осередку землї до 0, а то приблизно по оцьому взірцеві:

Промінь:	1	0·9	0·8	0·7	0·6	0·5	0·4	0·3	0·2	0·1	0
тягота:	1	1·04	1·03	0·98	0·89	0·75	0·65	0·55	0·34	0·17	0

Сей погляд виглядає дуже правдоподібним, одначе на основі дотеперішнїх дослїдів годї щонебудь певного про се сказати.

6. Нутро нашої землї.

У попереднїй главі мали ми нагоду переконати ся, що тягар нашої землї залежний вповнї від будови її нутра. Яке ж є нутро нашої землї? Із попереднього знаємо вже, що наше дотеперішнє знаннє глибин землї дуже недостаточне; дотеперішнї копальнї й глибокі верчення не переходять значно поза 2000 метрів: глибина така незамітна в порівнанню до довжини проміня нашої землї, що—здавало б ся—не дає нам нїякого права робити якінебудь висновки в тому напрямі. Одначе пригляньмо ся близче тому, що нам говорять і цї такі незначні глибини.

Коли в лїтку копаємо глибоку криницю, мусимо завважати, що чим глибше сходимо в діл, тим стає холоднїще. Вже у звичайній пивниці холоднїще, як на поверхнї, а вода з глибокої криниці все різька й холодна, навіть серед найбільшої спеки. Одначе таке обниженнє температури доходить тільки до глибини 10-ти метрів, де є все постійна температура, що виносить приблизно 13^0 C, без

уваги на погоду або пору року. Значить, на зверхні зміни температури, на літні спеки й зимові морози, вразлива тільки тоненька верства нашої землї, глибока на 10 m, під тою тоненькою покривою наша земля має свою питому температуру, на яку зверхні зміни температури не мають впливу. Чи ж таку „питому“ температуру має скрізь ціле нутро землї? Рішучо нї! Точні дослїди температури відомих нам до сьогодня глибин доказують, що чим глибше, тим стає теплїще. Се підвисшеннє температури досить ріжнородне, а оцінюєть ся воно так званим „ґеотермічним ступнем“, себто після того, на кілько метрів глибини припадає підвисшеннє температури на 1° С. Дослїди Кеніґсберґера (Königsberger) і Ваґнера (Wagner) виказують, що згаданий ґеотермічний ступінь виносить:

у копальнях:	метрів:
Понт-а-Мусон (Pont á Mousson)	30·2
Парушовіце (Paruschowitz)	31·8
Чухов (Czuchow)	31·8
Шперенберґ (Sperenberg-Berlin)	33·7
близько морів і великих озер:	
Дюнкерк (Dunkerque-Канал Ляманш)	130·0
Горішнє Озеро (Lace Superior-Півн. Америка)	123·0
Неаполь	100·0
під високими горами, при копанню тунелїв:	
Мон-Сені (Mont-Cenis-Швайцарія)	50·0
Ґотгард (Gotthard-Швайцарія)	44·0
Сімпльон (Simplon-Швайцарія)	43·5
Тауерн (Tauern-в Тиролї)	37·0
відповідно до родів скал:	
ґраніти і вапняки	33-34
ґнайси і лупаки, простовисно уложені	35-37
ґнайси, поземо уложені	28-29

філїти, поземо уложені тонкі лупаки 24-27

в скалах, що походять зі сцїпенїлих ляв:

Нойфен (Neuffen-Württemberg), старші вульканїчні скали . . . . 11·3

Санторін (Santorin в полудн. Італії) молоді ляви 7·0

Із оцього зіставлення бачимо, що ґеотермічний ступінь залежить у значній мірі від матеріялу, з якого утворені скали, від їх положення та взаїмного уложення; та все ж таки, поминаючи виїмкові обставини, виносить він приблизно 33 метри, і ся вартість загально признана в нинїшнїй науцї. Одначе, коли температура нашої землї підносить ся о 1° C на кожних 33 метри в глиб землї, то на кождих 100 метрів припадає приблизно 3° C підвишки, а на кожний 1 кільометер 30° C підвисшення температури. Якби таке підвисшеннє температури зростало так само постепенно дальше до нутра нашої землї, то в самій серединї, віддаленій від поверхнї землї приблизно на 6370 km, повинна виносити температура около 200 000° C!

Що може дїяти ся в такій шалено високій температурі?

В глибинї 20 km повинна виносити температура нутра землї приблизно 600° C, значить у тій глибинї всї матеріяли, з яких утворені скали нашої землї, знаходять ся в станї червоного жару; в глибинї 80 km здаєть ся доходить вона до 2400° C—температура, в якій усе мусить бути вже в огнисто-плинному станї; — в якому ж станї знаходить ся матерія нутра нашої землї, коли від сеї глибини до осередка ще є майже 3600 km?! Очевидно, там у нутрі мусить бути все в станї розжа-

реного ґазу, і то в такому стані, де всяка матерія затрачує вже всі свої питомі ціхи та стає однородною, первісною матерією!

Оттак по тому поглядові тверда покрива нашої землї сягає тільки до глибини 70—80 km, у дальших глибинах є стоплена маса, яка досягає найбільше може до глибини 150 km, а позатим ціле нутро нашої землї виповнене розжареною ґазовою матерією. По тому поглядові тверда й ціпка покрива нашої землї дуже тоненька: в порівнанню до ґазово-плиннсго нутра землї вона не грубша як скірочка на великому яблоку; значить, наша земля, се властиво горяча ґазово-плинна куля, покрита тільки тоненькою холодною й ціпкою покривою. Двацять літ тому назад такий погляд був загально принятий у науцї, а ще й тепер придержують ся його деякі вчені, як Рітер (Ritter), Ґінтер (Günther) і др.

Одначе вже льорд Кельвін (Kelvin) виказав, що коли б так справдї було, то земля не мала б сили оперти ся притягаючій силї нашого місяця, та під його впливом ціла мусїла б замітно видовжувати ся в його сторону; коли ж сього нема й наша земля зберігає постійно свою постать мимо притягаючої сили місяця, то се можливе тільки, коли наша земля у нутрі така ціпка як сталь. До подібних поглядів дійшов Гопкінс (Hopkins) дослїдами т. зв. прецесийних рухів землї.

Фізики, як Тіне (Thiene) і др. дивлять ся на це питаннє з иншого боку. Хоч яка тоненька ціпка покрива нашої землї, то все ж таки вона має велитенський тягар. Приймаючи питомий тягар скал пересїчно на 3, перекону-

ємо ся, що цїпка покрива землї тисне на ґазово-плинне нутро з силою 3-ох мілїонів атмосфер, себто 3-ох мілїонів кільоґрамів на кожний квадратний центиметер; під таким страшним тисненнєм усї навіть ґазові матерії мусять замінити ся в тїла тверді, коли тільки вони не переступили так званої „критичної“ температури, понад яку вже ніяка сила не може їх здавити у тверду масу. Оця критична температура для всїх скал і тяжких металїв не переходить 10.000° C, отже температура нутра землї не може переходити сеї границї, коли се нутро утворене власне з найтяжчого матеріялу, що при ґазовім станї було б неможливе. З тої причини деякі вчені, як от н. пр. славний астроном Нюком (Newcomb), думають, що температура нутра нашої землї не виносить загалом більше, як 2500° C. Одначе як погодити сю все ж таки в усякому разї високу температуру із твердим станом нутра нашої землї? Погодив сї два противенства один з найгарнїщих астрономів і ґеольоґів Дарвін, син славного старого Дарвіна, загально відомого творця теорії розвою. Дарвін приймає, що в нутрі нашої землї температура справдї дуже висока, далеко вища, як температура топлення всїх відомих нам скал, одначе тверда покрива землї так сильно здавлює се гаряче нутро своїм страшенним тисненнєм, що сї внутрішнї маси згущують ся немов найтвердша сталь; одначе, коли тільки з якоїнебудь причини сей натиск зверхнїх скал зменшить ся, на приклад наслїдком щілини, коли скали ламають ся під своїм власним тягарем, тодї позірно тверді внутрішнї маси розширюють ся

та стають плинними або й ґазовими матеріями, як оце дієть ся при вибухах вульканів. Такий погляд і найгарніще відповідає нинішньому станові науки.

7. Атмосфера нашої землї.

Понад поверхнею нашої землї уносить ся повітре; воно покриває цілу землю грубою верствою та разом із нею творить одну нерозривну цілість. Сю верству повітря називаємо атмосферою. Наша атмосфера є мішаниною дуже ріжнородних ґазів: найбільше в ній азоту, що займає майже $^4/_5$ частин повітря; він не піддержує ні життя ні горіння, і в тому зменшує діланнє кисня. Кисень, займає приблизно $^1/_5$ частину повітря; се життєдайний первень, що доконечний для життя й горіння тіл та разом із азотом є головним складником атмосфери. Крім сього в нашій атмосфері багато ще водної пари, що береть ся з води, двокису вугля, що його видихують люди й звірята, дещо ріжних ґазів, що повстають із розкладу головно орґанічних (живих) тіл (пр. амоняк, сірководень), або таких, що в виїмкових обставинах добувають ся з нутра землї, головно в часї вульканічних вибухів, вкінці ще й слїди дуже рідких, недавно відкритих, ґазових первнїв: арґон, неон, кріптон, ксенон і гель. Якнебудь сї всї ґази дуже легенькі, та все ж таки наслїдком притягання землї вони тиснуть на поверхню нашої землї зі значною силою: дуже точні досліди виказали,

що 1 лїтер повітря важить приблизно 1·25 ґрамів, а цїла атмосфера тисне із силою одного кільоґрама на кожний квадратний центиметер поверхнї землї; се тисненнє й називаємо тисненнєм одної атмосфери. Знаючи поверхню землї легко означити приблизний тягар цїлої атмосфери; виносить він около 500 білїонів kg, себто приблизно $\frac{1}{1136000}$-ну частину маси цїлої землї. Притяганнє землї викликує також і сю прояву, що повітрє при самій поверхнї землї найгустїще; чим дальше від землї, тим воно рідшає, а далї цїлком гине у всесвітньому просторі. Звичайно приймаєть ся, що наша атмосфера сягає до висоти приблизно 100 кільом. понад землею, одначе найновіщі дослїди над метеорами, які світять тільки проходячи через нашу атмосферу, виказують, що слїди нашого повітря мусять бути ще в висоті 400 km.

Повітрє є доконечно потрібне до життя живих сотворінь на нашій землї, воно охоронює нашу землю перед швидким прохолодженнєм та, удержуючи в собі багато водної пари, яка відтак скроплюєть ся, переносить великі скількости води з морів скрізь по усїх сушах.

Одначе для астронома атмосфера становить велику перешкоду в його дослїдах: перш усього повітрє задержує в собі багато світла і через те звізди, місяць, а навіть і сонце, оглядані через побільшуючі прилади, змінюють свою краску й виглядають все наче прислонені ніжним серпанком. Відтак згадана нерівномірна густота повітря викликує заломаннє промінів світла і зверненнє їх у сторону землї. Через

те бачимо всї небесні тїла в иншому положенню, як вони є в дійсности. Тільки промінї, що падуть простовисно на поверхню нашої землї, не змінюють ся, поза тим вони заломлюють ся тим сильнїще, чим скіснїще падуть на поверхню нашої землї. Коли сонце при своїм заходї долїшнїм краєм ледви дотикає овиду, то в дійсности воно вже сховало ся під поземом, а ми бачимо його тільки завдяки заломанню його промінїв.

Переходячи скісно через нашу атмосферу, промінї світла також розкладають ся на барвні промінї; се спричинює нераз дуже гарні світляні враження, головно при сходї й заходї сонця, які нераз чарують нас своєю красою і... перешкоджують астрономам в їхнїх дослїдах.

Як бачимо, атмосфера спричинює багато клопотів астрономам. Коли б її не було, тодї астрономи бачили б усе на свойому місцї, дуже виразно та у властивих красках, одначе тодї... не було б нї астрономів, нї астрономії.

8. Звідки береть ся день і ніч?

Вже така вдача людини, що вона найменше застановлюєть ся над тим, що найзвичайнїще. До таких найзвичайнїщих проявів належать між иншими день і ніч. Відколи людина прийде до свідомости, бачить заєдно, що день і ніч правильно перемінюють ся з собою, через те зживаєть ся з тим, не дивуєть ся, а відтак і на думку нїколи нїкому не приходить застанови-

ти ся над тим, чому се так, а не инакше творить ся? Та й — здавало би ся — нема тут нічого незвичайного. Щодня, раннім-ранком, ясне сонце виходить наче б то зпід землї, по східній стороні неба, півколистою дорогою повільно пересуваєть ся по небесньому склепінню та з кінцем дня ховаєть ся знову під обрій. А тоді на небі показують ся чарівні зорі, а часом і блїдолиций місяць, та теж нишком рівномірно пересувають ся по небі, в ту саму сторону... Видаєть ся так, наче б то наша землиця стояла міцно й неповорушно на одному місці, а всї „небесні тїла“: сонце, місяць та зорі, крутили ся вічно, рівномірно й одностайно довкола неї; а через те день і ніч правильно перемінюють ся з собою. Се таке очевидне, що в правдивість сього вірить твердо ще й сьогодня багато непросвічених людий. Було, колись так думали загалом усї, навіть найбільше просвічені люди. Вислїдом такого переконання був погляд славного Аристотеля, який уявляв собі будову цїлого світа приблизно в такий спосіб. По середині цїлого світа стоїть неповорушно земська куля, а довкола неї уложені співосередно (концентрично) прозорі хрустальні кулї, т. зв. сфери; на кожній із семи нутрішнїх куль уміщена одна з семи головних рухомих звізд: Сонце, Місяць, Меркур, Венера, Марс, Юпітер і Сатурн; на восьмій останнїй, зверхнїй, уміщені всї „постійні“ звізди. Через постійний, правильний оборот згаданих сфер повстає правильна переміна дня й ночі. Аристотель закріпив тільки прастарий погляд цїлої тодїшньої культурної людськости, а повага його науки

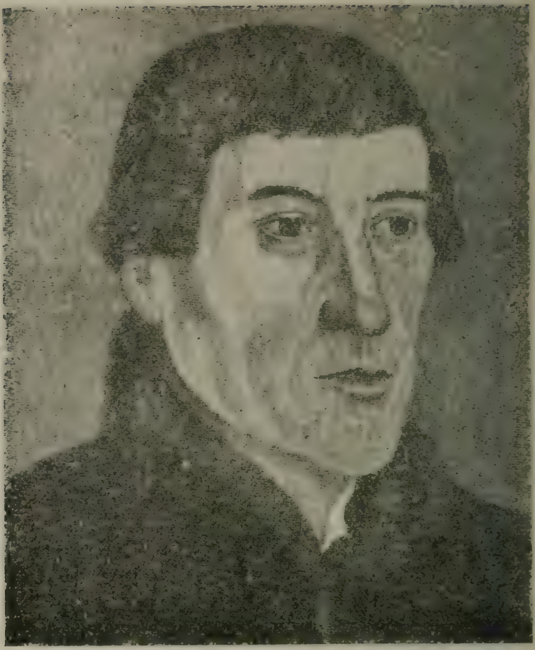
причинила ся до сього, що згадані погляди перетривали майже до кінця середніх віків.

Та вже в старовину промощують собі дорогу й инші, „революцийні“, погляди, які одначе не могли устояти ся перед авторитетом Аристотеля та з часом пішли в забуттє. Перш за все не могли признати такого погляду Пітаґорейці (около 500 р. пер. Хр.). Як же ж така марна земля могла бути осередком ідеально впорядкованого світа? Осередком цілого світа був по їх думці „осередній усесвітній огонь“, а довкола нього кружили відомі нам сфери з небесними тілами, тільки до них прийшла ще нова сфера з землею, а для доповнення до святого числа 10, ще й десята сфера з якоюсь загадочною „протиземлею“.

На сьому самому становищі станув також великий фільозоф Плятон (429—348 р. пер. Хр.), так що давний „ґеоцетричний“ погляд повидиму тратив у науці прихильників. Пізнїщі грецькі фільозофи поступили ще один ступінь дальше у своїх поглядах: Гераклїд із Понту (IV. ст. пер. Хр.) й Аристарх із Мілєту (310—250 р. пер. Хр.) зважили ся явно обявити, що „осереднїм всесвітнїм огнем“ є якраз сонце, та що саме воно стоїть неповорушно в усесвітньому просторі а земля та всї зорі кружать довкола нього. На жаль цї погляди швидко потонули в забуттю, і славний та заслужений астроном александрийської школи, Клявдій Птольомей (Claudius Ptolomeus, II. ст. по Хр.), поставив знову землю в осередку цілої вселенної та велїв сонцю й зорям кружити довкола неї. У той спосіб наука вернула знову до давнїх поглядів, а повага Аристо-

теля, так дуже шанованого в середнїх віках, не допускала до нїяких змін в оцьому напрямі.

Одначе проте вчені не залишують пильних дослїдів над землею, сонцем і звіздами. В той спосіб звільна нагромаджуєть ся щораз більше даних, що противлять ся усвяченим „ґеоцентричним“ поглядам, так що вкінцї стало вже просто неможливе їх придержувати ся. Треба було тільки сміливця, який зважив ся б обявити явно те, що нишком думало вже багато вчених. Такий чоловік знайшов ся, а був се власне Микола Коперник (1473—1543), син патриція в Торунї, член капітули в Фрауенбурзї, що ціле життє посвятив дослїдам рухів небесних тїл. У своїй епохальній праці: „Про круговоротні рухи небесних тїл“ (De revolutionibus orbium coelestium libri VI. 1543.) виказав він наглядно неможливість дальшого придержування „ґеоцентричного“ погляду на світ та конечність признання, що земля й рухомі звізди кружать довкола неповорушного сонця. Була се на тодїшні часи справжня революція проти відвічних поглядів, усвячених традицією та повагою церкви й офіціяльної науки. На щастє згадана праця Коперника появила ся в друку вже після смерти автора; сам автор був уже недосяжний для туземних властий, скінчило ся тим, що згаданий революцийний твір поміщено на „індексї“, себто в показчику заборонених книг. Люди справжньої науки відразу приняли „гелїоцентричні“ погляди, відновлені та безсумнївно доказані Коперником, але не всї вміли, так як се робив Кеплєр (Johann Kepler, 1571—1630 р.)



Коперник Микола,

(Niclas Koppernigk) мабуть із польського роду, основник модерної астрономії, уродив ся 19. лютого 1473 р. в Торуні, вчив ся в Кракові, Больонії, Падуї й Ферарі, був лікарем у Гайльсберґ (Heilsberg), помер 24. мая 1543 р. як крилошанин та управитель фрауенбурґської епархії. У свойому творі „De revolutionibus orbium coelestium libri VI“ (Про круговоротні рухи небесних тіл), в якому списав свої погляди на вселенну, проголошені в викладах з астрономії в Римі 1500 р., підняв наново давно забуту думку, що земля і планети кружать довкруги сонця, та доказав її правдивість.

скривати їх зручно, висказуючи таємничим і для загалу незрозумілим способом свої погляди; зате знаменитий Джордано Бруно (Giordano Bruno) поклав життє своє між иншими й за цю ідею, спалений на костирі 1600 р., а ґеніяльний і многозаслужений учений Ґалілеї (Galileo Galilei 1564—1642 р.), мучений вязницею, виратував ся від смерти публичним відреченнєм від коперниканських поглядів. „А все ж таки земля рухаєть ся“ мав прошептати нещасний Ґалілеї після сього соромного пониження науки людською глупотою й звірською нетерпимістю... і справді від сього земля не станула на місці, правда вкінці перемогла, і темним духам прийшло ся небавом уже смирити ся та покорити ся непоборимій силї правди й науки!

І так хрустальні сфери розсипались, мов миляні баньки, а людський дух, звільнений із тих оков, полинув свобідно в безмежні всесвітні простори й нестримно жене до розвязки відвічної таємниці будови вселенної та кермуючих нею вічних законів природи.

Але вертаймо до нашої теми! Які ж докази маємо на те, що рух сонця в часї дня та місяця й звізд у часї ночі, є тільки позірний, а правильна й постійна переміна дня й ночі викликана иншими причинами?

Перш усього мусимо тут звернути увагу на відносини між величинами землї, сонця й звізд. Попереду мали ми нагоду пізнати дійсну величину нашої землї: проти нас вона справдї дуже велика, але дотичні обчислення виказують, що в порівнанню до других небесних тїл наша земля дуже маленька: правда,

місяць пятьдесять разів менший від землї, але більшість рухомих звізд кілька або й кільканацять сот разів більші від неї, а з нашого сонця можна би зробити майже півтора мілїона таких куль як наша земля! А всї тоті дрібнесенькі звіздочки, якими засїяне безмежне небо серед зоряної ночі, в дійсности значно більші від нашого сонця! Чи можливе ж се, щоби такі велитні кружили довкола нашої землї, що в порівнанню до них така малесенька? Справдї тяжко згодити ся з тим, щоб се було подібне до правди!

Ще менше правдоподібним видаєть ся се, коли застановимо ся над скорістю, з якою мусїли б згадані небесні тїла порушати ся, щоб у протягу одної доби окружити нашу землю. Як опісля довідаємо ся, вчені вже досить докладно обчислили віддаленнє нашої землї від усїх важнїщих небесних тїл, а знаючи се віддаленнє, можемо легко обчислити, з якою скорістю мусїли б порушати ся небесні тїла, щоб у протягу одної доби окружити нашу землю. Із таких обчислень виходить наприклад, що в такім разї скорість нашого місяця мусїла би виносити 30 km на секунду, значить— ще досить можлива, але скорість сонця мусїла б виносити кругло 10.800 км. на секунду; скорість найблизчої звізди мусїла би бути чверть мілїона разів більша, значить—мусїла б виносити приблизно 2700 мілїонів кільометрів на секунду; друга найблизча звізда мусїла б порушати ся зі скорістю пяти тисяч мілїонів km на секунду, а инші звізди мусїли б гнати зі скорістю сотки або й тисячі разів більшою! Чи ж се можливе, щоб усї ті могутнї небесні

велитні гнали з такою шаленою скорістю довкола такої супроти них малесенької нашої землї, тільки на те, щоби на нїй день і ніч правильно чергувались зі собою? Розуміеть ся, що се неможливе, і через те мусимо шукати иншої розвязки.

Одначе замісць думати над розвязкою сього, що наука вже давно прояснила, зробім ось-такий простий досвід: Поставмо посеред стола якенебудь світло, от на приклад свічку або лямпу, але так, щоби полумінь того світла стояла нарівнї з нашим лицем. Подумаймо тепер на хвилинку, що те світло є нашим сонцем, а наша голова землею. Коли звернемо ся лицем до світла, тодї воно освітлює наше обличе, значить на нашому лиці є день; коли ж відвернемо ся від світла, тодї воно освітлювати ме нашу голову з заду, день буде на нашій потилиці, але наше лице буде неосвітлене: на ньому буде ніч. Коли ж ми схочемо, щоб наше світло, не рухаючи ся з місця, раз освітлювало наше обличе, а другий раз нашу потилицю, то на се є тільки одна рада: ми мусимо обертати ся довкола себе! Зробім так справдї скілька разів, то побачимо, що на нашому обличу день і ніч правильно перемінюють ся зі собою. Рівночасно підчас сього обороту завважаємо, що, коли так обертаємо ся в ліву сторону, то наше світло пересуваєть ся перед нами якраз у противну сторону, наслїдуючи достоту схід сонця, його перехід по небі, його захід.

Оттакий простий досвід дуже гарно нам пояснює, звідки береть ся день і ніч на нашій землї: власне — не сонце довкола землї, але

наша земля довкола себе обертаєть ся мов колесо, в сторону від заходу на схід, звертаючи що раз инші частини своєї поверхні проти сонця. Той час, якого потребує наша земля на один такий оборот довкола себе, все однаковий, і ми називаємо його одною добою, яку ділимо на 24 годин. А тимчасом людям, що живуть на землї, здаєть ся, що те сонце пересуваєть ся по небі від сходу на захід та, дійшовши до овиду, десь ховаєть ся поза землею на те, щоби після ночі знову появити ся по противній сторонї неба й знову перейти ту саму дорогу. З того бачимо, що рух сонця, а так само й звізд, по нашому небі — се проста омана, яка повстає в наслідок постійного обороту землї довкола себе. Подібних оман зазнаємо дуже часто в нашому життю От на приклад, коли їдемо залїзницею, то нам здаєть ся, що не ми рухаємо ся з місця, а поля, дерева, хати й усе, що стоїть при залїзничній дорозї, гонить у противну сторону; коли ж припадком переїздимо попри другий поїзд, що стоїть на місцї, тодї ся омана виступає так різько, що нам просто не хочеть ся вірити, що се не наш поїзд стоїть на місцї, але другий. Такої ж самої омани зазнаємо часто, коли швидко їдемо возом, або верхом, а навіть, як дуже швидко біжимо. Одначе всї такі омани можемо в кожній хвилї негайно провірити та переконати ся, як є в дійсности: треба тільки задержати ся на хвилинку, або приглянути ся, чи колеса сього воза, яким ми їдемо, обертають ся. На жаль про рух нашої землї не можемо так наглядно переконати ся: він відбуваєть ся все рівномірно й одностайно

без упину й без гомону, в додатку наша земля обертаєть ся з усім, що на ній находить ся, навіть разом із повітрєм, так що ми сього руху ніяким способом не можемо відчути та наглядно завважати.

А все ж таки ми маємо непохитних свідків сього руху: сонце, місяць і звізди! З уваги на безумовну неможливість, щоб вони в протягу одної доби змогли обігнати довкола нашу землю, остаєть ся тільки одинока можливість, а власне, що земля обертаєть ся довкола себе.

Наука знає багато инших доказів на те, що земля обертаєть ся довкола себе так, що сей рух не тільки можливий і конечний, але й уже напевно доказаний. Перш усього в горі згадане сплощеннє нашої землї викликане власне сим її оборотом, бо через оборот землї повстає відосередня сила розгону, яка тягне все в сторону від оси обороту; з тої самої причини ледяні гори з підбігунових сторін зсувають ся в сторону рівника, північні вітри скручують ся на схід, а полудневі на захід, русла рік, що пливуть на північ, згинають ся на захід, і противно; згаданий оборот землї викликує також прояву припливу й відпливу моря, бо сонце й місяць, притягаючи до себе маси морської води, викликують піднесеннє позему моря напроти себе, що в постаті велитенського валу води пересуваєть ся по морю власне наслїдком обороту землї; а вкінцї такі прояви, як спаданнє тїл зі значної висоти не простовисно, але по лїнїї скісній, зверненій на схід, так само зменшеннє тягару тїл і повільнїщий рух маятника в околицях рівника наслїдком відосередньої сили, тай

багато ще инших прояв, є вислїдом згаданого обороту нашої землї, але довше над тими справами не можемо задержувати ся, бо се не є завданнєм астрономії.

Оттак, наші роздумування над проявою дня й ночі довели нас до зрозуміння, що наша земля обертаєть ся довкола себе, раз на протягу одної доби. Правильність, з якою відбуваєть ся оця проява скрізь по нашій землї, можна пояснити тільки тим, що наша земля обертаєть ся довкола себе так, наче б вона була осаджена на якійсь невидимій оси, довкола якої вона власне обертаєть ся без упину. Се якраз коротша вісь земського ґеоіда. Скорість сього обороту доволї значна: там, де наша земля найширша (на рівнику), скорість виносить 463 метри на секунду, чим близче від сього „рівника“ до тих місць, у яких переходить вісь землї, тим скорість зменшуєть ся, на згаданих місцях вона рівна 0: точки, які лежать на кінцях земської оси, не можуть кружити довкола сієї оси, вони не рухають ся, а тільки раз на добу обертають ся довкола себе. Возьмім яку кулю, (яблоко або помаранчу), перетягнїм через неї прутик або дріт так, щоб він переходив через саму її середину, поставмо сю кулю в день напроти сонця, а в ночі напроти якого світла так, щоби вісь сеї кулї стояла простовисно до долівки, й обертаймо сю кулю довкола її оси, а будемо мати гарний образ сього, як земля обертаєть ся довкола себе і як наслїдком того повстає на її поверхні день і ніч. Такий досвід повинен зробити кожний, хто хоче сю прояву як слїд зрозуміти.

9. Маленька прогулька по нашій землї.

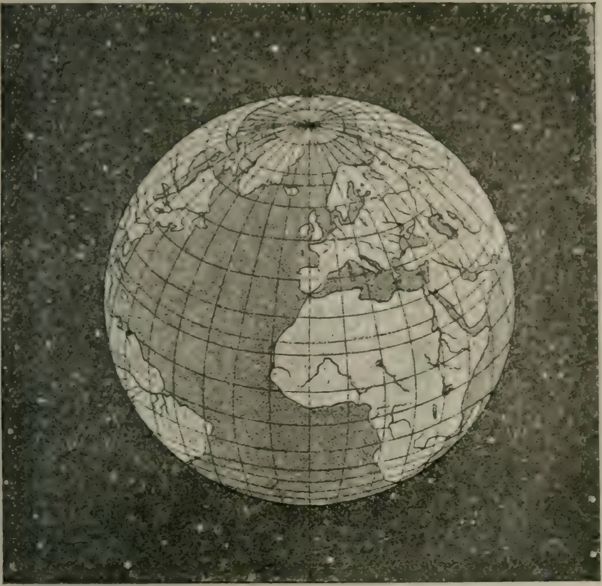
Знаємо вже з попереднього, що наша земля без упину так обертаєть ся довкола себе, як коли б вона була осаджена на постійній оси, що переходить через саму її середину. Коли б наша земля справдї мала таку вісь, то вона мусїла б переходити через два противлежні місця на поверхнї землї, які вказували б нам два противлежні кінцї земської оси. Вправдї знаємо дуже добре, що наша земля ніякої такої оси не має, але ті місця, через які така вісь переходила б, можна дуже докладно означити, і ми називаємо їх бігунами.

Наша земля має два такі бігуни: один далеко від нас на північ, се північний, другий по противній стороні землї — полудневий. Нїякій людинї не вдало ся ще дістати ся до котрогонебудь із обидвох бігунів тому, що вони находять ся в недоступних, вічними ледами покритих околицях, одначе вчені дуже раді б туди дістати ся, бо на бігунах можна би бачити багато цікавих прояв.

Але уявім собі, що ми такі щасливі й перші дістали ся на один із бігунів. От ми вже стоїмо на самому бігунї і по свіжому снїжку зачеркуємо довкола себе палицею рівну колову черточку так, щоби бігун був у самій її серединї. Зачеркнїм як мога найбіль-

ше таких колових черточок, усе дальше від себе, а побачимо, що чим дальше така черточка віддалена від нас, себто від бігуна, тим вона більша, а всї вони уложені рівнобіжно до себе. Назвім такі колові черточки, поведені довкола бігуна, „рівнолежниками". Розумієть ся, що на нашій землї можна повести без ліку таких рівнолежників. Найбільший буде той рівнолежник, що переходить якраз по самій серединї нашої землї, в рівнім віддаленню від обидвох бігунів — його називаємо „рівником" або „рівноденником". Як би хто мав таку силу і перерізав земську кулю в тім місцї, куди переходить рівник, то наша земля розділила б ся на дві рівні півкулї: північну, з північним бігуном на верху, й полудневу, з полудневим бігуном.

Одначе на кожній кулї можна повести ще инші, дуже цікаві колові черточки. Возьмім якунебудь кулю, назначім на нїй два бігуни та обвяжім її ниточкою так, щоб ниточка перейшла через обидва бігуни. Таку колову черточку можна б повести й на нашій землї, коли б хто обїхав її довкола, починаючи від одного бігуна через другий та повернув назад до того місця, з котрого виїхав і — полишив за собою ниточку або бодай слїд своєї дороги. Таку черточку називати будемо „південником", „полуденником" або „мерідіяном". Південників можна також повести без ліку на нашій землї, а всї вони між собою рівні й переходять через обидва бігуни. Рівнолежники й південники перехрещують ся з собою, і через те, коли нарисуємо їх багато на якій кулї, то вони покривають її поверхню гарною сіточкою. (Обр. 1.)



Обр. 1. Земля в усесвітньому просторі, із зазначеними південниками й рівнолежниками.

Щодо довжини, то кожний південник приблизно такий довгий як рівнолежник, значить виносить, як уже знаємо, майже 40 міліонів метрів. Рівнолежники тим менші, чим близче до бігуна, а тим більші, чим близче до рівника; стоячи на бігуні можемо найблизчі рівнолежники нарисувати сейчас паличкою на снігу, та чим дальше, тим вони довші, так що рівнолежник, який переходить через Київ, довгий уже на 25.200 km; отже, коли б ми

хотіли його обіхати самоходом, що переїздить 100 km на годину, то мусіли б їхати рівно 252 годині, себто десять діб з половиною, і то без упину, ніде не відпочиваючи!

Найбільший рівнолежник, рівник, довгий, як знаємо, приблизно на 40.059 km. Щоби на рівнику обіхати землю нашим самоходом, треба на те майже 400 годин, себто кругло 17 діб.

Та коли ми вже вибрали ся в таку далеку подорож по нашій земли, то добре було б навчити ся, як то люди визначують точно положеннє кожної місцевости на нашій землї, бо се має незвичайну вагу не тільки в буденньому життю, але й у науці.

Знаємо добре, що через кожну точку на нашій землї можна повести один рівнолежник, себто колову лінію — черточку рівнобіжну до рівника землї і один південник, себто колову черточку, що переходить через обидва бігуни нашої землї. На тій основі можна дуже точно означити положеннє кожної точки на поверхні землї. А робимо се ось-так: Обвід кожного кола, отже так само й кожний рівнолежник і південник, ділимо на 360 ступнів (360°), кожний ступінь на 60 мінут (60'), а кожну мінуту на 60 секунд (60''); отже поділім рівник нашої землї на 360 ступнів, а кожний ступінь на мінути й секунди, через точки подїлу поведім південники, впоперек яких поведім рівнолежники у віддалях одного ступня, одної мінути або й секунди, а дістанемо на поверхні нашої землї сїточку, яка дозволить нам точно означити положеннє кожної точки. Треба тільки умовити ся, звідки починати числити.

Отже загально тепер принято, що головним південником уважаєть ся той, що переходить через вежу дослїдної астрономічної стації (обсерваторії) в Ґрініч (Grenwich) коло Льондону. Сей південник розділює нашу землю на дві півкулї: східну — на схід від нього, й західну — на захід. Точку, в якій він перетинаєть ся з рівником, означуємо значком 0 і, почавши від сього основного південника, означуємо їх відповідно до того, кілько ступнів, мінут і секунд відтинають вони на рівнику, числячи від згаданої основної точки 0 на схід або на захід. Беручи за основу той південник, що переходить через Ґрініч, називаємо всї південники на схід від нього „східними довжинами", а всї південники на захід від нього „західними довжинами". При тім треба тямити, що основним південником ми розділили нашу землю на дві півкулї, отже кожна півкуля має тільки 180 ступнів східної зглядно західної довжини.

Південники дїлимо також на ступнї, мінути й секунди, але числимо все, починаючи від рівника до бігуна, і кожну таку чвертку південника дїлимо на 90 ступнів (90⁰). Ступнї на південниках називаємо ґеоґрафічною шириною, яка може бути північна або полуднева, відповідно до того, чи дана місцевість лежить на північній, чи на полудневій півкулї.

Гарнїще се зрозуміємо на прикладї, взятім із дїйсности. Ось ми хочемо означити точно положеннє Києва на нашій землї. Значить, треба означити: який південник і який рівнолежник переходять через саму середину нашої славної столиці. Погляньмо на добру карту, на якій

зазначені полуденники і рівнолежники, а побачимо, що той південник, який переходить через наш святий город, відтинає на рівнику 50° 27' на схід від Ґрініч; ось така його східна довжина; а рівнолежник, що переходить через Київ, відтинає на київському південнику 30° 26' — числячи на північ від рівника — ось така його північна ширина. Тому й кажемо: Київ лежить на 50° 27' східної довжини та 30° 26' північної ширини, і в сей спосіб положеннє матері українських городів точно означене.

Коли ж ми дістанемо від свойого приятеля лист, у якому він нам пише: „Я саме находжу ся на 39° східної довжини, а на 45° північної ширини, де подивляю гарну українську природу ітд. ітд.", то тільки поглянете на карту України і зараз побачите, що ваш приятель живе саме в славній столиці Кубанщини, Катеринодарі!

Ось так ми маємо спромогу точно означити положеннє кожного місця на землі так, що нема обави, щоб ми загубили ся серед тих для нас безмежних просторів.

❖ ❖ ❖

10. Клопіт із добрим годинником.

Добрий годинник — се ідеал кожного роботящого культурного чоловіка. Така маленька, а така мистецька машина! Годинник розділює кожну добу, себто час одного обороту землі довкола себе, на 24 рівних частин, званих годинами, кожну годину розділює точно на 60 мінут, а кожну мінутку ще на 60 рівні-

сеньких хвилинок-секунд. Ось ми дивимо ся на маленьку секундову вказівочку нашого годинника й бачимо, як вона рівномірно пересуває ся, відмежовуючи точно одну хвилинку від другої, одну мінутку від другої, дивимо ся й подивляємо зручність чоловіка, що спроміг ся придумати й виробити такий мистецький прилад. А як багато можна з нього прочитати, коли тільки хто на тім розуміє ся! Ось на приклад завтра маємо 23. вересня й читаємо в календарі, що сього саме дня схід сонця буде точно в 6. годині рано. Ми вже розуміємо, що се значить: завтра в 6. годині рано полуденник, який переходить через нашу місцевість, знайде ся якраз на границі між половинами землі, освітленою й неосвітленою, ще хвилиночка, а наш полуденник знайде ся вже на освітленій половині, і перші промінї життєдайного сонця впадуть на нічним холодом зморожену землю. Але наша земля швидко обертає ся довкола своєї оси з заходу на схід, і наш південник що раз дальше посуває ся по освітленій половині нашої землї, а вслід за тим нам видає ся, що сонце все вище й вище підносить ся понад овидом. Рівночасно границя між освітленою й неосвітленою половиною вемлї все більше й більше пересуває ся на захід і що раз нові південники з заходу із неосвітленої части поверхні землї підходять на границю світла й тіни. Ся скорість така, що в ґеоґрафічній ширинї Київа і Львова вона виносить приблизно 300 метрів на секунду; за секунду по шестій годині наш південник пересунеть ся на 300 метрів дальше на освітленій стороні, а на границі світла й тіни

стане той південник, що перед секундою був ще 300 метрів перед тією границею. І так наш південник буде все пересувати ся дальше й дальше по освітленій стороні землї, а сонце буде наслїдком сього все вище й вище підносити ся на нашому небі, аж вкінці по шести годинах наш південник найдеть ся якраз під сонцем, так що сонячні промінї впадуть простовисно на нього. Ми кажемо: сонце переходить якраз понад нашим південником, тепер у нас 12-та година в полудне. За шість годин ми знайдемо ся внову на границї світла й тіни: у нас буде захід сонця... ще хвилиночка—і наш південник знайдеть ся вже знову в тіни, у нас почнеть ся н ч. Цїлих 12 годин буде наш полуденник пересувати ся по неосвітленій сторонї нашої землї аж по 24-ох годинах такої подорожі він знову стане на границї св тла й тіни: у нас буде знову схід сонця!

Одначе наша земля уложена супроти сонця так, що границя між освітленою й неосвітленою половиною її поверхнї тільки виїмково переходить південником через обидва бігуни, звичайно ся границя переходить якосьто скісно, та про се буде мова пізнїще. Поки що нас се обходить настільки, що з оцїеї причини ми не можемо сходу сонця брати за основу доброго наладження наших годинників та провірювання їх точности. Але якнебудь переходить згадана границя, то все ж таки є одна певна точка, на якій можна оперти ся в розмірюванню часу цїлої доби: се південь або полудне. Є се та хвилька, коли сонце стоїть найвище на нашому небозводї. Тодї південник того місця, на якому ми находимо

ся, звернений якраз проти сонця, тоді проміннє сонця паде прямісінько тільки на наш південник, тоді, звернувши ся просто на південь, маємо перед собою сонце, а тінь, яку воно кидає поза нами, звернена просто на північ. Сю хвилинку можна точнісінько означити особливими приладами, і тоді наші годинники наставляємо на 12-ту годину в полудне. Як так наладимо годинник, то в хвилї, коли в нас 12-та година в полудне, така сама година є скрізь на цілій тій половинї нашого південника, що лежить на освітленій сторонї нашої землї; друга половина нашого південника переходить по противній неосвітленій сторонї нашої землї, і там є якраз 12-та година о півночі. Розумієть ся, що, коли на нашому південнику є 12-та година в полуднї, тоді на инших південниках є инший час: кожний південник, віддалений 300 m дальше на схід, має південь на секунду скоріще, кожний південник, віддалений 300 метрів дальше на захід, буде мати південь секунду пізнїще. Через те, коли ми з нашим „точним" годинником перейдемо 3 km дальше на схід, то в тій місцевости є південь десять секунд скоріще, і ми побачимо, що наш „точний" годинник спізнюєть ся тих десять секунд; а як перейдемо з ним 3 km на захід, то на південнику, який переходить через те місце, буде 12-та година в полудне десять секунд пізнїще, і наш годинник буде там стільки ж секунд поспішати. Ви скажете, що се дрібничка, що для вас десять секунд не становить великої ріжницї, одначе при широких просторах нашої Великої України сього не можна легковажити. Ось ми в серцї України,

у Києві, наладили точно наш годинник при помочи відповідних приладів тамошньої політехнічної школи і приїздимо з ним у славну Полтаву. Полтава лежить майже 300 km на схід від Києва, значить, там південь на 1000 секунд скоріще, а се вже робить 16 і пів мінут, отже ми на стільки ж будемо мусїли наш „точний“ годинник посунути наперед. Коли ж ми з Києва переїдемо до столиці Донецького кряжу, Луганя, що віддалений приблизно 600 km на схід від Києва, то наш годинник покаже спізненнє більш як пів години, а на кінчинах Української землї, при устю Терека над Каспієм, що віддалені від Києва майже 1200 km, згадана ріжниця виносити ме вже цїлу одну годину! Противно в нашій подорожі на захід ми завважуємо, що наш годинник спішить ся в порівнанню з місцевими годинниками, а власне на кожний ступінь ґеоґрафічної довжини о 360-ту частину доби, себто 4 мінути, отже на 15⁰ довжини на цїлу одну годину. Оттак, коли в Києві 12-та година в полудне, то в Льондонї нема ще й 10-тої години перед полуднем, 12-та година буде там щойно за дві годинї з накладом, бо обидва згадані міста віддалені від себе більш як 30⁰ ґеоґрафічної довжини.

Як бачимо, у кожній місцевости є свій „точний“ час і свої „точні“ годинники, і такий час називаємо „місцевим“ або „астрономічним“ часом тому, що він означуєть ся переходом сонця через південник даної місцевости.

Одначе найновіщі дослїди виказали, що земля не обертаєть ся все рівномірно довкола своєї оси, задля сього сонце переходить

через даний полуденник часом скоріще, а часом пізнїще, хоч „точний“ годинник показує 12-гу годину. Найбільша ріжниця буває в початках падолиста, коли то сонце переходить через наш південник 16 мінут скоріще, заким наш „точний“ годинник покаже 12-ту годину в полудне, і в половині лютого, коли воно стоїть над нашим південником 14 мінут по 12-ій годині! Задля сього астрономи розріжнюють на кожному місцї нашої землї два часи: час „правдивий“, означений переходом сонця через південник даної місцевости, і час „середнїй“, означений докладним і точним годинником.

От клопіт із „точним“ годинником! На основі чого ж числити нам час? У буденньому життю держимо ся нашого „точного“ годинника, бо прилад, придуманий людським розумом і виконаний умілою рукою чоловіка, менше помиляєть ся, як наша матуся природа.

⊙ ⊙ ⊙

11. Як можна по дорозї загубити... одну добу?

Жило в Льондонї двох вірних приятелів-Українців: один Іван Східний, а другий Микола Західний. Обидва вони займали ся доставою українських сирівців для Анґлїї, а анґлїйських машин для України, та чесною працею доробили ся на тім мілїярдового майна й уже думали вертати на Україну, покликані там українським правительством задля зорґанізовання всесвітнього експорту й імпорту для Союза Українських Кооператив (СУК). Одначе

якраз у тому часї скінчив ся в Льондонї великий усесвітнїй конґрес, на якому дипльомати всього світа вкінці-кінців поладнали всї міжнароднї непорозуміння, що повстали з приводу великої всесвітньої війни 1914—20 р., а при тій нагодї приняли до відома заснованнє независимої Української Республики, в її етноґрафічних границях, від Попраду аж по Каспійське море, враз із надамурськими кольонїями: Зеленим Клином. З того приводу льондонська амбасада Української Республики дала великий бенкет на честь членів усесвітнього конґресу, на якому найшли ся й наші згадані приятелї як радники експерти сієї амбасади. Врадувані таким дипльоматичним успіхом своєї країни та розвеселені піднесеним і щирим настроєм на самому бенкетї, обидва наші приятелї, проходжуючи ся після бенкету по пишних апартаментах, рішили з того приводу відсвяткувати сю славну подію в особливий спосіб. Рішено було, що обидва обїдуть цїлу землю, розїхавши ся з Льондону у впрост противних напрямах: Іван Східний на схід, а Микола Західний на захід, причім кожний з них мав на тиждень переїхати рівно по трицять ґеоґрафічних ступнів так, щоби кожної наступної недїлї бути на 30° дальше, держачи ся по змозї 50° північної ґеоґрафічної ширини. Умовлено було дальше, що постійна комунїкація відбувати меть ся при помочи малого бездротного телєґрафу найновіщої конструкції, зладженого по ідеї пок. проф. Івана Пулюя, яким можна розсилати депеші з кожного місця по цїлому світї. Він дуже вигідно збудований, бо невеличкий і легкий та особливо

пристосований до подорожі. Поминаючи довільно части телеґрами кожного дня, умовлено посилати до себе депеші точно кожної неділї, о 12 годинї на льондонському годинникові, і в тій цїли кожний із наших приятелїв мав узяти з собою два годинники: один для числення місцевого часу в часї подорожі, а другий контрольний, наладжений точно на льондонський час, відповідно до полуденника Ґрініч (0^0). Виїзд назначено на наступний день у недїлю о 12-тій годинї в полудне, зїхати ся рішено за шість тижнїв, у недїлю, о 12. годинї по льондонському численню, на Богословських островах під 180^0 ґеоґр. ширини. Умова стала в присутности українського амбасадора та негайно рознесла ся між усїма зібраними й викликала зацїкавленнє та здивованнє навіть у членів анґлїйської й американської місії, призвичаєних до сього роду жартів.

На другий день три чверти на 12. перед полуднем перед астрономічною обсерваторією в Ґрініч стояли два великі подорожні автомобілї, звернені у просто противні сторони, найновіщої системи, збудовані так, що могли бути кожної хвилї перемінені на моторові лодки. Великі клунки, які виглядали з нутра особливих автів, вказували на те, що подорожні не забули забезпечитись у достаточну скількість поживи й усяких знадобів, потрібних до далекої дороги, а невеличкі ріжки-антени на чолї кожного авта вказували, що вони узброєні також у пулюївські далеконосні радіо. Тимчасом із парку обсерваторії вийшли два наші добрі знакомі: радники Східний і Західний та гурток їхнїх товаришів; вони весело

балакали ще хвильку із собою та вмить поглянули на годинники, щиро обцілували ся й кожний скочив у своє авто; на годиннику поблизької вежі била 12. година, роздав ся голос автомобілевої трубки й короткий клич: „Славно!“ — авта рушили з місця та швидко помчали по битій дорозї в противних напрямах. Наші приятелї славно додержали слова, як годило ся завзятим Українцям; через лїси, через гори мчали вони до своєї умовленої мети; приїхавши на беріг великої ріки, озера або моря, вони перемінювали свої авта на моторсві лодки й їхали без стриму далї й далї; роблячи денно пересїчно по 320 кільометрів, вони мали все доволї часу на відпочинок, особливо, коли довело ся принагідно переїздити через яку культурну оселю, а вислїд тієї подорожі бачимо з оцих депеш, якими вони обмінювали ся що неділї точно о 12. годині в полудне, на льондонському годинникові.

Радіо-депеші:

Радник М. Західний до радн. І. Східного:

І. Неділя 8. липня. 30⁰ західної довжини. Серед Атлянтийського Океану. Тут у тій хвилї 10. год. рано. Їду своїм автом по хвилях Океану. Погода чудова! Здоровлю щиро.

Радник І. Східний до радн. Західного:

І. Неділя 8. липня. 30⁰ східн. довжини. Околиця Київа на Україні. Тут у тій хвилї 2. год. по пол. Не видержав і скочив до Золотоверхого. Всї знакомі здоровлять сердечно! Гаразд!

II. Неділя 15. липня. 60° зах. довжини. Залив св. Лаврентія. Тут у тій хвилї 8. г. рано. Іду дальше через Канаду. Погода погана, поза тим усе добре. Гаразд!

III. Неділя 22. липня. 90° західної довжини. Границя Онтаріо. Тут у тій хвилї 6. г. рано. Гарні околиці — степ, мов на нашій Україні. Цілую щиро.

IV. Неділя 29. липня. 120° захід. довжини. Гори Скалисті. Верх Гукер. Тут у тій хвилї 4 год. рано. Чарівні гори нагадують Кавказ. Рад би вже з Тобою побачити ся.

V. Неділя 5. серпня. 150° захід. довжини. На хвилях Тихого Океану. Тут у тій хвилї 2. год. рано! Неділя щойно починає ся! Іду кораблем, який принагідно подибав. Море справдї тихе. До милого побачення за тиждень.

II. Неділя 15. липня. 60° східн. довжини. Границя Азії: Орськ. Тут у тій хвилї 4. г. по пол. Іду в непроходиму Сибір. Зимно й холод. Поганий степ. Все в порядку. Здоров!

III. Неділя 22. липня. 90° східн. довжини. На границї ґуберній: Томської, Єнісейської і Китаю. Тут у тій хвилї 6. г. по пол. Страшна спека. Гаразд!

IV. Неділя 29. липня. 120° східн. довжини. Рудокопи Нерчинськ. Тут у тій хвилї 8. г. вечір. Мрачна й непривітна країна. Вже таки зтужив ся за Тобою.

V. Неділя 5. серпня. 150° східн. довжини. Серед Охотського моря. Тут у тій хвилї 10 г. вечір. Неділя вже кінчить ся! Віжджаю на хвилї Тихого Океану. Зимно й буря. Іду кораблем. До побачення!

Оце були вже останні недільні депеші, якими обміняли ся наші приятелі. Швидко доїздили вони до своеі мети, як усе що дня порозуміваючи ся зі собою. А коли прийшла неділа 12-го серпня і зближало ся вже до вечера, видно було здалека, як дві моторові лодки швидко гонять до берега малої пристані на одному з Богословських островів; у заливі стояв якраз великий український корабель „Україна", що їхав з Аляшки до Владивостока, вільного порту під протекторатом Української Републики, везучи з Аляшки золото для українського правління. На кораблі маяв синьо-жовтий прапор. У мить і на обидвох моторових лодках показали ся синьо-жовті хоругвки — і з корабля на привіт роздав ся сильний вистріл. Наші приятелі вийшли на беріг; тут же ж ждав уже й капітан „України", Семен Степаненко, як показало ся, добрий давний знакомий наших приятелів, ще з часів бунту чорноморської фльоти; привитанням і допитам не було кінця. Весело пройшла гутірка до півночі; била якраз 12. година, коли нагло радник Західний перервав розмову, поглянув на свій „льондонський" годинник і сказав: „Ось саме в Льондоні неділя, і то 12. година в полудне, а в нас у тій хвилї північ із суботи на неділю". Радник Східний виймив мимоволї так само свій „льондонський" годинник і відповів: „Даруй, приятелю, в Льондоні в тій хвилї справді 12. година в полудне у неділю, але в нас рівночасно 12. о півночі з неділї на понеділок!" Радник Західний усміхнув ся й каже: „Ти, мій друже, мабуть дуже втомив ся довгою дорогою та забув, що сьогодня тут неділя

щойно починаєть ся; адже ж я, їдучи з Льондону на захід, мусїв що кожних 30 ступнїв завертати вказївку мого годинника на 2 години назад, отже тут на 180⁰ західної довжини в тій хвилї ми починаємо недїлю". „Се неможливе!" каже радник Східний, „адже ж я, їдучи на схід, та переїздячи що тижня 30⁰, мусїв усе що тижня пересувати мій годинник на 2 години наперед, так що по шести тижнях менї прийшло ся в дорозї пересунути годинник на цїлих 12 годин наперед, отже тут у тій хвилї скінчила ся вже недїля, а почав ся понедїлок". „Ти очевидно загубив у дорозї недїлю, коли в тебе оце вже понедїлок", каже Західний. „Нї, се ти загубив десь по дорозї недїлю, коли в тебе вона щойно починаєть ся" каже на се Східний, і так обидва щирі приятелї мало не посварили ся з собою — перший раз у життю. Але капітан Степаненко зразу їх погодив. „Позвольте менї слово", каже він, „ви обидва оце в праві. Радник Західний, їдучи з Льондону на захід, переходив усе в околицї, де сонце що раз пізнїще сходить (як у Льондонї), так що йому прийшло ся по кожних 15-ти ступнях західної довжини віднимати одну годину; дійшовши тут до 180. ступня західної довжини, скоротив час в означуванню днїв на 12 годин. Радник Східний, їдучи на схід від Льондону, мусїв на кожних 15 ступнїв додавати одну годину, так що, дійшовши тут по своєму численню до 180. ступня східної довжини, мусїв продовжити свій рахунок часу на 12 годин. Через те у вас виходить ріжниця на цїлу одну добу, і вам тяжко порозуміти ся, де вона загубила ся. Такі непорозуміння бу-

вають часто не тільки тут але й у сусідній Аляшці: Українці й Москалі, що заходять сюди з Азії, рахують на один день дальше, як Американці й Анґлійці, а навіть і самі ж Українці, що заходять сюди з Канади. Урядово умовлено, що в тих околицях на американськім березі числить ся „по американськи“, а на азийськім березі по „російськи“, але тут на границї проте заходять непорозуміння. Се власне наслідок кулистої постаті нашої землї та обороту землї довкола її оси й наглядний доказ сих прояв. Для подорожних, як самі бачите, згадана проява дуже невигідна — і щоб сьому зарадити, поділено весь культурний світ на полоси, в яких урядово, на почті, залїзницях і кораблях, обовязує тільки один час, числений від одного умовленого полудника. Оттак ціла західна Европа числить час від полудника, що переходить через Ґрінїч, (0⁰), ціла середня Европа: бувша Австро-Угорщина, Швеція, Норвеґія, Данія, Швайцарія й Італія, придержують ся часу, так званого середне-европейського, обчисленого від полудника 15⁰ східної довжини, що переходить близько Відня, отже рівно на одну годину пізнїщого від попереднього; на области давньої Росії числять по східно-европейському часові, обчисленому від полудника 30⁰ східної довжини, що переходить близько Київа, отже на 2 години пізнїщого від льондонського, а Північна Америка має 4 полоси, що ріжнять ся від себе по черзї одною годиною. Одначе цїлковитого порозуміння до тепер ще не осягнено“. Степаненко скінчив і всї розпращали ся та пішли відпочати по трудах, а на другий день ранним ранком наші

приятелї на гостинному покладі „України“ вертали до дорогої рідної землї.

12. Земля кружить довкола сонця.

Ми вже згадували про те, що майже всї звізди, що їх бачимо на нашому небі, стоять неповорушно на своїх місцях. Скільки разів серед погідної, ясної ночі небо покриваєть ся дрібними зіроньками, ми маємо нагоду переконати ся, що всї відомі нам звізди уложені супроти себе все в такому самому порядку. Правда, у протягу цїлої ночі вони пересувають ся по небу, та пересувають ся всї разом, не змінюючи між собою ладу й занятих становищ. Се виглядає цїлком так, наче б то небозвід був якоюсь великою гарно виточеною банею, що накриває всю нашу землю, спираючи ся своїм краєм на овидї, і наче б то звізди, мов понабивані золоті блискучі цвяхи, були прикріплені до внутрішньої сторони склепіння сієї великої банї, яка разом із ними всїми обкручуєть ся раз на добу довкола себе. Знаємо вже добре, що се все омана, викликана оборотом нашої землї довкола оси. Нїякого небесного склепіння нема; наша земська куля уносить ся посеред безмежнього всесвітнього простору, в якому скрізь ген далеко повно світячих куль, себто звізд, що уносять ся неповорушно, не змінюючи свойого місця. Одначе через те, що наша земля обертаєть ся довкола себе в сторону з заходу на

схід, то нам, що крутимо ся враз із землею, здаєть ся, що всї звizди, так як і сонце, пересувають ся в сторону противну, себто від сходу до заходу. Коли б оттак наша земля, обертаючись довкола своєї оси, позатим не змінювала свойого положення у всесвітньому просторі, то мимо згаданого позірного руху звізд, ми бачили би все кожної ночі, в тім самім часї, всї громади звізд на тих самих місцях. А тимчасом дієть ся инакше. Звернім на приклад увагу на сю громаду звізд, що її звуть у нас Косарями, а вчені Оріоном. Се одна з найгарніщих звіздяних громад, що в виді великої коси або сїмки, сяє серед погідних зимових ночий на полудневій стороні неба. В половині грудня, в 12. годині в ночі, бачимо сю величаву громаду звізд високо понад землею, на полудневій стороні неба. Коли ж будемо уважати, що дальше з нею дієть ся в тягу ночі, то завважаємо, що вона враз із усїми иншими звіздами, посуваючи ся все далї й далї до заходу, постійно обнижуєть ся і над самим ранком криєть ся під овидом — заходить. Одначе, приглядаючись уважно тим Косарям, мусимо завважати, що вони кожної наступної ночі скоріще доходять до згаданого найвищого свойого положення на полудневій стороні неба. По двох тижнях, себто з початком нового року, бачимо їх там уже в 11. годині в ночі, а в 12. годині, о півночі, вони вже значно дальше обнижать ся до заходу. З початком лютого будуть Косарі вже в 9. годині в вечір по серединї полудневої сторони неба, а заходити муть уже коло 4. години рано: першого марта во-

ни вже будуть там о 7. годині вечером, а в половині марта вони вже так далеко посунуть ся до заходу, що в 12. годині в ночі вже починають заходити.

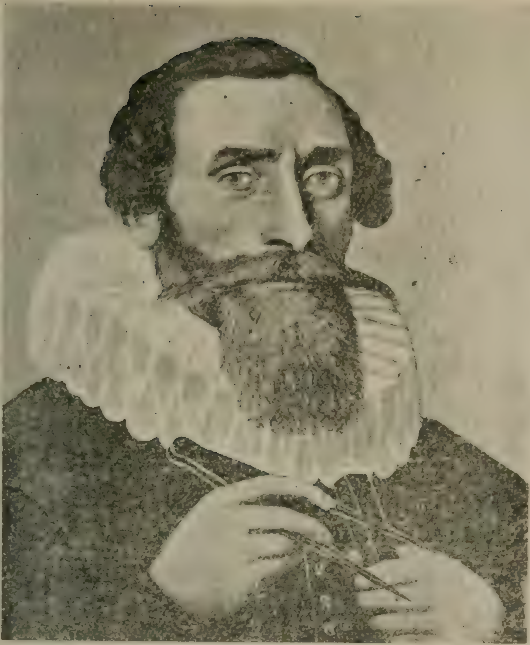
Те саме діє ть ся з усіми иншими громадами звізд; дивлячись на них що ночі о тій самій годині, бачимо, як вони все дальше посунені до заходу, а на їх місці стоять инші громади звізд, що перше в тім часї були на східній стороні неба.

Але по році всі громади звізд будуть знову на своїх місцях, а виглядає се так, наче б то ціле звіздяне небо обернуло ся довкола землї раз у протягу цілого одного року.

Як же ж се пояснити собі, коли ми знаємо, що звізди стоять постійно й неповорушно на одному місцї? Щоби зрозуміти сю прояву, представмо собі знову, що наша голова є земською кулею, світло на столї серед нашої хати — се сонце, а образи на стінах — се ріжні громади звізд на небесньому склепінню. Коли, стоячи коло стола, відвернемо ся від нього плечима, тодї не бачимо світла на столї, нашого сонця; на нашому лиці якраз нічна пора, і то саме північ, а сей образ, який ми бачимо оце перед собою на стінї, то буде ся громада звізд, яку ми бачимо перед собою о півночі на полудневій сторонї неба. Не звертаймо в тій хвилї уваги на оборот землї довкола оси, бо се тепер не належить до речі, а тільки запитаймо ся: що треба нам робити, щоб о півночі, себто — маючи наше світло за плечима, мати просто перед собою що раз то инші стінні образи, і то так, щоб вони немов пересували ся пе-

ред нами від лівої сторони до правої? Дуже проста й легка річ! Ходім тільки довкола стола в сторону від правої до лівої руки, звернені все до нього нашими плечима! Оттак і наша земля мусить кружити довкола сонця, і такий її один обіг триває один рік, бо тільки тим способом можемо пояснити собі згаданий річний рух звізд на небесному склепінню. Власне роком називаємо той час, якого потребує наша земля, щоби по своїй дорозі оббігти раз довкола сонця та повернути назад на давнє місце. Дорога, по якій кружить наша земля довкола сонця, все одна й та сама; вона має вид дещо видовженого кола, або так званої еліпси, одначе сонце не стоїть у самій середині сієї еліпси, а тільки близче одного її кінця. Наслідком сього наша земля не все однаково віддалена від сонця: найбільше се віддаленнє виносить приблизно 165, а найменше віддаленнє около 135 міліонів кільометрів, так що середнє віддаленнє землі від сонця виносить кругло 150 міліонів кільометрів.

Легко вимовити або написати таке число, та яке воно велике! Подумаймо тільки, що гарматня куля, яка перелітає 500 метрів на секунду, потребувала би повних десять літ, щоби залетіти від землі до нашого сонця, коли ж би ми хотіли до нашого сонця заїхати автомобілем, що гонить зі скорістю 100 кільометрів на годину, то на таку далеку подорож треба би більше як 170 літ! Подумавши оттак, ми потрохи починаємо розуміти, як то далеко ми віддалені від нашого жерела тепла й світла! Коли ж знаємо віддаленнє на-



Іван Кеплер

(Johannes Kepler), народив ся 27. XII. 1571 р. у віртемберському містечку Вайль (Weil). Вчив ся в Адельсберґ і Тібінґен, опісля став учителем ґімназії вГрадцю, 1596 р. переніс ся до Праги, де став помічником славного тоді астронома Тіхо Браге (Tycho Brahe), а по його смерти заняв його місце „королівського математика“ Рудольфа II. По смерти Рудольфа попав у матеріяльні клопоти і знеможений бідованнєм помер у Реґенсбурґу 15. падолиста 1630 р. У своїх працях: Нова астрономія (Astronomia nova), Рудольфінські таблиці (Tabulae Rudolphinae), Згідність у всесвіті (Harmonices mundi), доказав, що планети кружать довкола сонця по видовжених, еліптичних дорогах, і відкрив закони сього круження.

шої землї від сонця, то вже легко обчислити, яка велика ся дорога, по якій наша земленька кружить довкола сонця. Загально відомо, що кожна колова черточка є приблизно $6^1/_4$ разів довша від свойого проміня, себто від віддалення від осередка; отже, приймаючи, що згадана дорога нашої землї є приблизно колом, якого промінь виносить майже 150 міліонів кільометрів, бачимо, що її довжина виносить приблизно 940 міліонів кільометрів. Таку велику дорогу перебігає наша земля у протягу кожного року, значить, на кожну добу припадає $2^1/_2$ міліонів кільометрів, на кожну годину 105.000 km, а на кожню хвилинку-секунду кругло 30 кільометрів! Так шалено швидко гонить наша земля довкола сонця: найшвидший поїзд потребував би приблизно 700 літ, щоби переїхати таку далеку дорогу!

13. Чому маємо ріжні пори року?

Возьмім якунебудь велику кулю, перетягнім наскрізь через саму її середину простий дріт або прутик та уложім оцю кулю на такій оси так проти горючої свічки або лямпи, щоб ся вісь не похилювала ся, а стояла все простовисно до землї так, наче б її хто хотів устромити мов кіл у землю. Уложивши оттак нашу кулю, обертаймо її довкола оси та пересуваймо звільна довкола свічки, приблизно все в однаковому віддаленню. Коли зробимо такий простенький досвід, то будемо мати маленький образ того, як повинна кружити наша земля довкола сонця.

Коли ж ми підчас такого досвіду придивимо ся близче нашій кулї, то побачимо, що границя між освітленою й темною половиною нашої кулї все переходить через обидва бігуни та що кожне місце на освітленій поверхні кулї все однаково звернене до світла. Коли б вісь нашої землї також стояла так само простовисно до тієї дороги, по якій вона кружить довкола сонця, то й наслїдок був би такий самий. Отже границя між освітленою й неосвітленою сонцем поверхнею нашої землї переходила б усе через обидва бігуни, і тому кожне місце на нашій землї потребувало б усе тільки саме часу на те, щоби пересунути ся по освітленій, як і по неосвітленій стороні землї, значить на кожному місці нашої землї день і ніч були б однаково довгі, себто тривали б по пів доби (12 годин).

Другим наслїдком такого положення земської оси було би се, що соняшне проміннє огрівало б усе однаково через цїлий рік усї місця на поверхні землї, а через те у всіх полосах нашої землї не було б нїколи важнїщих змін тепла й зимна.

Всї знаємо добре, що на нашій землї дієть ся якраз противно: довгота днів і ночий постійно змінюєть ся, а рівночасно з тим змінюють ся пори року: по гарячому лїтї з довгими днями й короткими ночами приходить кінець-кінцїв зима зі снїгом і морозами, та короткими днями, а довгими ночами. Всї ті прояви можна пояснити як слїд тільки скісним уложеннєм земської оси.

Уложім вище згадану нашу кулю в найблизчому її віддаленню від світла (свічки або

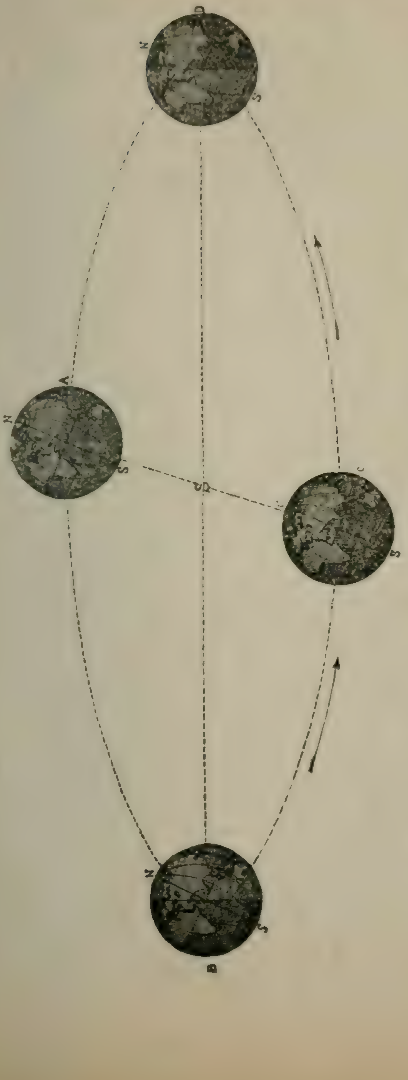
лямпи) та, маючи світло й кулю перед собою, відхилім вісь кулї на право, так щоб її горішнїй, себто північний бігун відвернув ся від світла і знайшов ся на темнїй, неосвітленїй сторонї кулї, та, не змінюючи сього скісного положення оси, пересуваймо нашу кулю довкола світла, а будемо власне мати маленький образець сього, як наша земля в дійсности кружить довкола сонця.

Коли так справдї зробимо, то побачимо, що бігуни кулї на переміну то звертають ся до світла, то відвертають ся від нього, і в тїй хвилї зрозуміємо, що мусить дїяти ся на нашій землї наслїдком такого скісного уложення її оси.

Коли земська куля північним бігуном нахилить ся більше до сонця, а полудневим відхилить ся від нього, тодї соняшні проміні падуть менше скісно на північну півкулю, а більше скісно на полудневу, через що на північній півкулї стане теплїще і буде лїтня пора, а на полудневій півкулї стане холоднїще і буде зимова пора. Коли ж підчас дальшого круження землї довкола сонця вісь землї відхилить ся від нього своїм північним бігуном, а нахилить ся до нього полудневим, тодї на північну півкулю падуть проміні сонця більше скісно як на полудневу; на північній півкулї буде зима, а на полудневій лїто.

Додаймо до сього, що сонце освічує більшу частину сеї півкулї, яка звернена до нього, а меншу частину тої півкулї, яка від нього відвернена; звідси в лїтї днї довші, а в зимі коротші.

Весна й осінь становлять перехід поміж



Обр. 2. Дорога землї кругом сонця. Положеннє землї: A : 21-го марта, B : 21-го червня, C : 23-го вересня, D: 21-го грудня. Значіннє других букв: середнє S: сонце, N: північний бігун, S: полудневий бігун. Стрілка вказує напрям круження землї кругом сонця.

обидвома згаданими протилежними порами року.

Наш північний бігун наклонюєть ся до сонця найбільше 21-го червня, і тоді у нас день найдовший, а ніч найкоротша, та починаєть ся найгорячіщий літнїй час; 21-го грудня північний бігун найбільше відхилений від сонця, і тоді день у нас найкоротший: ми є в осередку зими. 21-го марта й 23-го вересня обидва бігуни нашої землї однаково нахилені супроти сонця, через них тодї переходить якраз границя між освітленою й неосвітленою половиною нашої землї; в тих днях на цїлій земській кулї день і ніч рівно довгі, себто тривають по 12 годин, і задля сього ми сей час називаємо зрівнаннєм дня з нічю, перший весняним, а другий осінним зрівнаннєм. (Обр. 2).

Отак скісне уложеннє земської оси спричинює повставаннє чотирох пір року: весни, лїта, осени й зими. Як же ж нахилена вісь нашої землї?

Ставлячи таке питаннє, мусимо зразу пояснити, від чого маємо мірити се нахиленнє земської оси, коли наша земська куля стоїть самітно посеред безмежнього всесвітнього простору?

Але подумаймо! Як кожна куля, так і наша земля, стоячи напроти ясного сонця, має рівно одну половину поверхнї освітлену, а другу неосвітлену, отже, коли б вісь нашої землї стояла „просто“, тодї обидва бігуни нашої землї стояли б якраз на границї освітленої й неосвітленої половини нашої землї; ми знаємо, що так не є: земська вісь відхилена від сього „правильного“ положення; отже кут

між дійсною осию і лінією, поведеною в тім місці, куди згадана вісь „повинна“ переходити, себто через границю світла й тіни, є власне мірою сього нахилення нашої земської оси. Виміритн сей кут можна ріжними способами, найліпше після сього, до котрого ступня, числячи від бігуна, сягає границя між світлом і тінию в часї найбільшого відхилення, або в часї найбільшого нахилення земської оси. В практиці питаємо ся: як далеко сягає границя в підбігунових околицях, де в лїтї сонце не заходить, а в зимі не сходить? Сю границю називаємо підбігуновим колом, і переходить воно у віддаленню 23° 27' 9" від бігуна, себто через 66° 32' 51" північної, чи то південної ширини; то є границя, яку засягають найскрайнїщі промінї сонця, що переходять попри нашу землю, і заразом міра відхилення нашої земської оси. Отже вісь нашої землї відхилена на 23° 27' 9" від свойого „правильного“ положення.

14. Рік і календар.

Правильна переміна пір року була безперечно причиною, що люди з давен-давна користують ся тими проявами до мірення часу. Правда, є певні дані думати, що найстаршим способом мірення часу були зміни місяця, тому що вони найлекше впадають кожному у вічі, одначе найстарші культурні народи, як Асирийцї, Єгиптяни, Греки й Римляни, вважали одиницею міри часу один рік. Сього спо-

собу придержують ся й до сьогодня всї культурні народи. Задля сього дуже важним є точне означеннє дійсної довжини року. Є двоякий спосіб вимірювання довжини року: „соняшний“ і „звіздяний“, і відповідно до сього ми й розріжнюємо „соняшні“ та „звіздяні“ роки. Перший спосіб полягає на ось якій основі:

Як уже знаємо із попереднього, положеннє земської оси супроти сонця постійно змінюєть ся, наслїдком чого нам видаєть ся, що сонце що дня в иншому місцї нашого овиду сходить і заходить. Се пересуваннє відбуваєть ся в певних границях у протягу кожного року так, що коли сьогодня зазначимо, в якому місцї сходило або заходило сонце, то в тому самому місцї воно зійде чи то зайде аж точно за рік. Сей власне протяг часу, якого треба, щоби діждати ся знову повороту сонця до того самого місця на овидї, називаємо „соняшним“ роком, і він триває 365 днів, 5 годин, 48 мінут, 46 секунд. Одначе можна ще в инший спосіб обчислити точно довжину року, а власне на основі положення звізд. Ми вже знаємо, що наслїдком круження нашої землї довкола сонця, в дійсности нерухомі звізди наче б то пересувають ся по небі: коли ми сьогодня в точно означеному часї зазначимо положеннє добре відомої нам звізди, то переконаємо ся, що на другий день у тім самім часї вона буде наче б то пересунена на захід; оттак що дня вона пересувати меть ся по небі все далї й далї на захід, а по роцї верне назад на своє давнє місце. Сей час, потрібний до того, щоби кожна звізда вернула назад на своє місце, є власне часом круження землї довкола сонця, є одним роком.

Сей рік називаємо „звіздяним“ роком; він, як показуєть ся з точних обчислень, виносить 365 днів, 6 годин, 9 мінут і $9^1/_2$ секунд. Із того бачимо, що звіздячий рік довший від соняшного на 20 мінут і $23^1/_2$ секунд, ріжниця досить велика, щоби по багатьох літах її не можна завважати. І так: по 3-х роках вона виносить уже більш як годину, по 72-х літах більше як одну добу, а по 25.000 літ приблизно один рік! З огляду на постійність звізд астрономія вважає звіздяний рік одиноким для нас людий певним мірилом часу, а відповідні до сього астрономічні годинники уладжені в той спосіб, що, коли точка зрівнання дня з нічю переходить через дотичний південник, годинник показує 0 годин, 0 мінут і 0 секунд. Користь із такого годинника та, що він згоджуєть ся докладно з позірним круженнєм небесного склепіння, так що астроном, коли тільки гляне на нього, знає докладно, які звізди в тій хвилї переходять понад наш полуденник і в якому місці находять ся всї громади звізд, і то так у день як і в ночі.

У звичайному життю придержуємо ся соняшного року. Одначе й тут показують ся трудноще в точному обчисленню. Коли 31-го грудня о півночі вказівка точного годинника показує 12. годину, тоді починаємо новий рік, і з сього приводу складаємо собі щирі желання щастя й долї. А тимчасом наша земля мусить посувати ся ще 5 годин, 48 мінут і 46 секунд по своїй дорозї, заки дійде до того місця, звідки вийшла якраз перед роком, значить — стільки ж треба ще ждати, заки в нашої земницї почнеть ся справдїшній новий рік. Згадана

надвишка, як бачимо, досить значна, так що по чотирьох роках доходить майже до одної доби; задля сього, коли астроном Созіґен ураз зі славним Юлїєм Цезаром впроваджували новий „научний“ спосіб числення часу, було установлено, що кожний четвертий рік має мати не 365, а 366 днів, що осягнено, додаючи до найкоротшого місяця, лютого, ще один день. Такий рік називаєть ся переступним або високосним. Оцей Юлїянський календар довгі віки вдоволяв потребам культурної людськости. Одначе, як ми бачили, ся поправка дещо занадто велика: рік, довгий на 365¼ днів, перевисшає звіздяний рік на 11'14", з чого по 500 лїтах виходить надвишка на 3 днї, 20 год., 36 мін., 4 сек., так що до року 1580 по Хр. зросла ся надвишка аж понад 12 днів! Така велика ріжниця між триваннєм років, дійсного й календарського, була вже надто невигідна, і задля сього, за почином папи Григорія XIII. математик Лїлїо (Lilio) й астроном Клявій (Clavius) справили календар у той спосіб, що тодїшнїй рік 1582-гий зрівнано зі звіздяним роком, а на будуче кожний кінцевий рік кожного століття признано роком звичайним, а не переступним, як се повинно бути, через що вирівнуєть ся згадана надвишка; виїмок зроблено тільки для лїт подїльних через 400, які полишено роками переступними, як се й виходить на основі Юлїянського календаря. Таким чином вирівнуєть ся незгідність між роками соняшним і звіздяним до того ступня, що з маленьких ріжниць, які ще остали ся, наростає один день щойно по 3323-х лїтах, так що тим ми на разї не потребуємо журити ся. У той спосіб пере-

ведено гарну реформу, а так званий Григоріянський календар приймаєть ся чим раз більше в цілому культурному світї.

15. Танець життя й смерти.

Оттак ми оце розказали все, що найважнїщого годить ся знати про нашу землю із астрономічного становища; ми бачили, що наша земля — се одно з безчисленних усесвітнїх тїл, яких безліч уносить ся у нашій вселенній; та на закінченнє приглянимо ся ще докладнїще, що з нею дієть ся в сьому безмежньому всесвітньому просторі.

Перш усього ми знаємо, що наша земська куля без упину обертаєть ся довкола своєї оси, і то раз у протягу одної доби. Значить, скорість сього руху така, що кожна точка на рівнику перебігає постійно 463 m на кожну секунду, а ми, що живемо на ґеоґрафічній ширинї Київа або Львова, гонимо довкола земської оси зі скорістю приблизно 300 m на кожну секунду.

Відтак відомо вже нам, що крім сього наша земля кружить також без упину ще й довкола нашого сонця, і то раз у протягу одного року; сей рух ще швидший від попереднього, бо виносить кругло 29·67 km на секунду.

Одначе крім сих загально звісних рухів виконує наша земля ще багато инших рухів, на які годить ся хоч побіжно звернути увагу.

Як ми вже повище згадували, роки соняшний і звіздяний не згоджують ся зі собою, перший наче б то поспішаєть ся, випереджуючи все звіздяний рік на 20' 23$^1/_2$". Ся ріжниця була вже відома старинним астрономам, і вже й вони знали, що з часом згадана ріжниця мусить зрости до одного цілого року і що тоді обидва роки зрівняють ся зі собою. Сей протяг часу, потрібний до такого зрівнання обидвох згаданих років, називано здавна „роком Плятона“ і виносить він приблизно 26.000 літ, а по правді майже 25.775 наших звичайних літ. Коли відкриті Коперником закони: обороту землї довкола оси й круження землї довкола сонця, були приняті наукою, стало ясно всім, що тут маємо до діла з якимсь особливим рухом земської оси; одначе щойно Нютон вияснив сю прояву, так званим „прецесийним“ рухом згаданої оси, який полягає в тому, що земська вісь горішнім, північним своїм кінцем постійно пересуваєть ся, наче б то описуючи колову лінію довкола свойого теоретично правильного простовисного положення. В наслїдок того положеннє земської оси постійно, хоч поволї, зміняєть ся, і по 13.000 лїтах воно буде якраз противне як у нинїшню пору, себто в часї нинїшнього лїта північний бігун буде відхилений від сонця, а полудневий до нього нахилений; через те перемінять ся з часом пори року: лїто буде в груднї, сїчнї й лютім, а зима в червнї, липнї й серпнї, але за других 13.000 літ знову все верне до давнього ладу...

Причиною сього особливого руху нашої земської оси є, як виказав Нютон, перш усьо-

го її скісне уложення та сплещення землї, а відтак сила притягання сонця. Сонце, притягаючи найбільше зближені до себе части землї, положені в околиці рівника, тягне неначе за пояс нашу землю, щоби цїлком не перехилила ся, змагаючи до сього, щоби похилену вісь поставити у правильному простовисному положенню. Коли б наша земля не рухала ся, то сонце справдї вмить поставило б її „просто“, але земля крутить ся і гонить усе далї й далї, а вислїдом постійного згаданого дїлання сонця є тільки згаданий лійковатий прецесийний рух земської оси.

Подібно дїлає на вісь нашої землї також і наш місяць. Правда, він маленький супроти землї, але все ж таки він близько неї, а се не без значіння. Вислїдом є другий, подібний рух оси нашої землї, так званий „нутацийний“, що проявляєть ся в дуже незначних $18^2/_3$ року триваючих хитаннях згаданої оси. Через те й дорога працисийного руху землї не рівна, але хвиляста, а радше скручена мов сильно натягнена пружиночка.

Немалий вплив має місяць також і на постать тієї дороги, яку земля описує, кружляючи довкола сонця. Ми вже згадували, що вона має вид легко видовженого кола, одначе місяць, кружляючи рівно ж довкола землї, стає на переміну то з одного, то з другого боку сієї дороги і вихилює нашу землю то в одну, то в другу сторону. Безперечно сї вихилення дуже незначні і дали ся завважити тільки завдяки новітнім незвичайно докладним приладам, але все ж таки згадана дорога землї тратить вигляд рівної елїпси, а хвиля-

сто вигинаєть ся, подібно, як вище згадана дорога прецесийного руху.

Остаточний вигляд сеї дороги ускладнюєть ся ще й тим, що подібно впливають на неї рівно ж і инші небесні тіла, які від часу до часу переходять попри землю то з одного, то з другого боку її дороги, одначе розміри нашої праці не дозволяють довше задержувати ся над сею дуже цікавою справою.

Коли ж ми вже задержали ся над виглядом екліптики, то слід ще зазначити, що вона ще й крім сього змінюєть ся в особливий спосіб: її довга вісь постійно пересуваєть ся, немов обертаєть ся довкола свойого осередка, а повний оборот згаданої оси відбуваєть ся у протягу 21.000 літ.

Додаймо до сього, що й нахиленнє самої земської оси не є постійне: під впливом притягаючої сили сонця й місяця кут відклонення постійно зменшуєть ся, вісь землї наче б то випрямовуєть ся та очевидно змагає до того, щоби станути простовисно. Сей рух дуже незначний; по обчисленню виносить він приблизно 1' на повних 100 літ, а що вісь нашої землї відхилена, як знаємо, майже на 23° 27', себто кругло 1400', значить, коли б ся проява поступала так само рівномірно дальше, то за 140.000 літ наша вісь стояти ме цілком простовисно: на цілій землї день і ніч тривати муть по 12 годин, зникнуть ріжниці між порами року, а на всїх полосах землї буде незмінне, одностайне підсоннє. Одначе годить ся зазначити, що згаданий рух земської оси замало ще розслїджений, щоби ми могли бути певні, що наші пророкування по тільки лїтах

сповнять ся. Дуже можливо, що тут вісь колихаєть ся наче маятник, так що, хоч нахиленнє оси то збільшуєть ся, то зменшуєть ся, все ж таки пересїчне наклоненнє її не змінюєть ся, і через те згадані рухи не можуть мати такого великого впливу на зміни пори дня й року.

З черги слїд нам згадати ще про один рух нашої землї, та задля сього мусимо зробити маленьку прогульку до самого бігуна нашої землї. Ми знаємо, що нїхто ще зі смертних людий не був на жадному бігунї; околицї, в яких лежать обидва бігуни, такі недоступні, що всї спроби в тому напрямі не вдали ся. А все ж таки, як загально думають, положеннє обидвох бігунів точно вже означене, і про се можемо наглядно переконати ся на кожній картї, де зображена наша земська куля. Справдї положеннє обидвох бігунів точно означене наукою, одначе не в той спосіб, що там на місцї був який учений дослїдник і поклав там свої землемірні прилади, але при помочі звізд! Так, лукаві звізди зрадили нам і сю таємницю нашої землї! І то в дуже простий спосіб. Як нам відомо, з причини обороту землї довкола оси видаєть ся нам, що в протягу доби ціле зоряне небесне склепіннє обертаєть ся довкола землї. Отже, коли приглядати ся пильно сьому рухові звізд, то бачимо, що одна звізда цїлком не бере удїлу в сьому круговоротї; се очевидно дїєть ся задля сього, що згадана звізда лежить якраз над самим північним бігуном нашої землї, і через те нам здаеть ся, що вона стоїть усе на одному місцї й не рухаєть ся. Сю звізду ми через те й на-

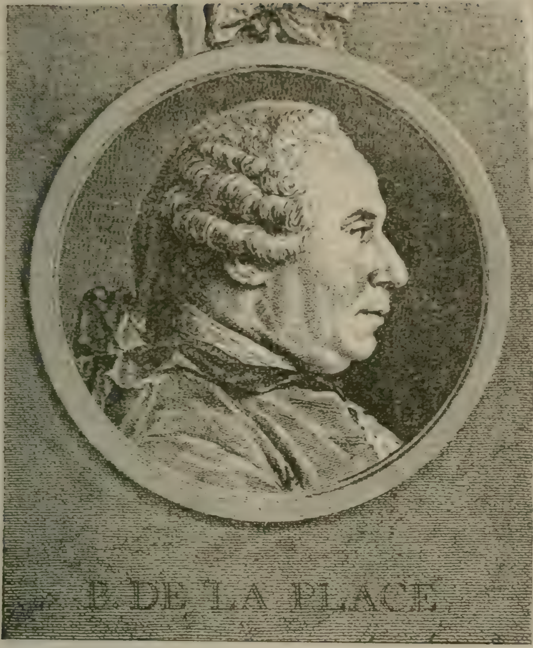
зиваємо „Бігуновою“ або „Полярнсю“ звіздою. Новіщі точні досліди виказали, що й ся звізда не стоїть точнісінько над самим бігуном, вона стоїть тільки дуже близько згаданої точки, яка все ж таки дається ся дуже докладно означити, й під сим оглядом нема ніякої непевности. Згадана ріжниця така незначна, що для вигоди можемо приняти, що Бігунова звізда справді є над самим північним бігуном. Коли б ми були на сьому бігуні, вона була би просто над нашими головами, коли ж ми віддалюємо ся від бігуна, то Бігунова звізда де далї все більше обнижується ся, так що, коли ми станемо на рівнику, вона світити ме над самим овидом. Отже на основі віддалення бігунової звізди від точки, яка є якраз понад нашими головами, можемо цілком докладно обчислити, як далеко від нас північний бігун, а тим самим і точно означити його положеннє. Одначе ми вже знаємо, що бігун є основою точного означення кожного місця на нашій землї, бо ґеоґрафічне положеннє даного місця на нашій землї означується ся при помочі полудника й рівнолежника, які переходять через сю місцевість, а всякі такі поміри основують ся на тій глибокій вірі, що положеннє бігунів нашої землї є постійне й незмінне. Тимчасом вже в другій половинї минулого століття завважали астрономи, що коли ми по довших відступах часу обчислюємо ґеоґрафічне положеннє якогось місця на землї, то звичайно за кожним разом дістаємо відмінні числа. Зразу думали астрономи, що тут маємо до дїла з припадковою помилкою, коли одначе се повторяло ся частїще, треба було шу-

кати якогось пояснення сієї прояви. З огляду на те, що ґеоґрафічне положеннє місця означують ся властиво віддаленнєм від бігуна, згадану прояву можна пояснити тільки або непостійністю Бігунової звізди, або пересуваннєм самого ж бігуна. Перша можливість є рішуче неподібна до правди, бо коли б навіть Бігунова звізда справді пересувала ся, то вона від нас так далеко, що для нас було б се цілком незамітне. Остала ся тільки одинока друга можливість, а власне рух самого бігуна! Здивованнє й справдішній переляк обхопив астрономів; подумати тільки, що вісь нашої землї що хвилини змінюєть ся й ми що хвилини в иншому віддаленню від бігуна! До чого ж здали ся всї наші найточнїщі поміри, доконувані такими мистецькими й нїжними приладами? Заворушили ся астрономи! На особливій нарадї 1889 р. рішено сю справу розслїджувати пильно в усїх европейських астрономічних обсерваторіях, крім того ще й вислати особливу научну астрономічну виправу на Гавайські острови, що лежать якраз по противному боцї Европи, задля розслїду, чи що подібного не дієть ся із полудневим бігуном. Оцї особливі розслїди згаданої прояви доказали безсумнївно, що справдї обидва бігуни нашої землї без упину пересувають ся, а що при тім усїм вісь землї не змінює свойого нахилення, то очевидно маємо тут до дїла з особливим пересуваннєм самої ж землї довкола постійної оси!

Є дві причини сього особливого руху нашої землї. Перше всього маємо тут до дїла з особливим постійним нарушуваннєм.

рівноваги в розкладі матеріялу, з якого утворена наша земля. На се звернув уже увагу знаменитий фізик Кельвін, а найновіщі досліди вчених астрономів, у першій мірі астронома Море́ (Moreux), вповні потверджують можливість сього пояснення. Діло в тому, що, як загально звісно, північна півкуля нашої землї має далеко більше суші, як полуднева. В наслідок того на північній півкулї рік-річно нагромаджуєть ся чим раз більше води в постатї леду, і то без порівнання більше, як на полудневій півкулї. Годї сей приріст точно виміряти, але приблизно обчислюють його на 720 мілїонів тон річно. Сей приріст тягару на північній півкулї вистарчає вповні до викликання згаданих рухів нашої землї, а що се пояснення відповідає дїйсности, бачимо з того, що згадані рухи безумовно залежні від пори року, бо в зимі вони сильнїщі, а лїтньою порою замітно слабші. В додатку, як се при тій нагодї відкрили астрономи Нюкомб (Newcomb) і Чендлер (Chandler), причинюєть ся до сього ще один особливий рух землї, а власне оборот її довкола другої оси, яка переходить через землю у значному віддаленню від властивої оси та довкола якої земля обертаєть ся раз у протягу чотирнацяти місяців зі скорістю 13 метрів на секунду! З оцим особливим рухом нашої землї ми ще зустрінемо ся при иншій нагодї, і для того тепер сею справою не будемо близче займати ся.

Вкінцї, як згадаємо тільки мимоходом про ще один рух нашої землї, а власне, що вона враз із сонцем та багатьома иншими небесними тілами жене кудись у безвісти зі скорістю



Петро Симон Ляпляс,

визначний математик і астроном, народив ся 28. марта 1749 р. з ґрафського роду в Бомон в полудн. Франції, від 1773. був членом парижської академії, 1799 міністром внутрішнїх справ, помер 5. марта 1827 р. в Аркей коло Парижа. Поклав великі заслуги для розвою математичної астрономії і вславив ся своєю теорією про повстаннє світа із мраковиння. (Головні його твори „Mècanique céleste“ i „Exposition du systéme du monde).

19 кільометрів на кожну секунду, то будемо мати слабе зображеннє тих усїх рухів, які виконує наша земля в усесвітньому просторі.

Одначе й на сьому ще не кінець. Як ми знаємо, наша земля є властиво ґазово-плинною кулею, покритою тільки дуже тоненькою твердою покривою. Для нас ся тонесенька покрива є велитенською й могутньою скалою, але в порівнанню до сонця, а навіть і місяця, вона є ніжненькою болонкою, яка цїлком піддаєть ся їх діланням. Задля сього під непереможним впливом сили притягання згадана, позірно тверда й неповорушна, кора нашої землї піднімаєть ся все більш або менше в сторону сонця й місяця, по тій сторонї, що звернена до тих небесних тїл, то знов опадає до властивого рівня, по тій сторонї, яка від них відвертаєть ся. Оттак поверхня нашої землї на кожному місцї правильно то піднімаєть ся то опадає: наша земля наче б то віддихає, і се віддиханнє тривати ме доти, доки її життя, доки люта смерть не заморозить та не заціпить її гарячого нутра.

Ось таке дієть ся з нашою земською кулею! Притягана всемогутньою силою свойого сонця, вона тільки завдяки шаленому розгонові, з яким кружить довкола нього, удержуєть ся в приличному віддаленню від нього та не паде на нього стрімголов; а що її дорога є випливом рівноваги згаданих сил: притягання й розгону, то вона уноситься ся в усесвітньому просторі лекше й свобіднїще, як ніжна миляна банька у повітрі. Здаєть ся, найслабший вітрець міг би її похитнути! І справдї, під впливом притягаючої сили сонця й місяця

та инших усесвітніх тіл, нерівномірного розложення її власного матеріялу, з якого вона утворена, нахилення оси, та багатьох инших причин, наша земля похитуєть ся на всї сторони та дрижить мов осиковий листочок на вітрі, її дорога то видовжуєть ся, то вкорочуєть ся, то хвилює на хвилях безмежного океану, то крутить ся у дикому круговороті, а грудь її то піднїмаєть ся, то спадає, наче зітхаючи під тягарем життя .. і серед таких судорогів вона без тямки і без стриму жене очайдушно в безмежну, невідому даль... Усї згадані рухи нашої землї є випливом дїлання всїх тих обставин, серед яких вона істнує, серед яких вона живе, але тут же ж заразом і лежить зародок її кінчини, її смерти: земля наша постійно холоне, її нутро цїпенїє, всї рухи звільна ослабають, тільки швидкість руху круження довкола сонця постійно, хоч звільна, збільшуєть ся, вона чим раз то більше зближуєть ся до сонця, і — коли тимчасом не загине з якої иншої причини, то остаточно сонце притягне її до себе й вона згорить у його гарячих обіймах.

II.

Чарівні прилади.

Оттак ми познакомили ся близче з нашою землею, з її постатю і її рухами, та з усім, що доконче треба знати про неї як про одно із безчисленних усесвітніх тіл.

Але годі! Покиньмо се місце щастя й горя та полиньмо ген далеко у безмежні всесвітні простори, хай наша душа відпочине по туземніх трудах і злиднях. І приглянемо ся місяцю, сонцю і звіздам та багато иншим чудам, якими заповнена ця безмежна вселенна, та без ляку і без стриму дійдемо аж до границь ...... людського знання!

Одначе тут у тій же таки хвилинці може хтось подумати: Звідки ж ми можемо щонебудь знати про ті всі всесвітні тіла, коли до них не можемо дістати ся, а кожний із нас стільки разів дивить ся на небо й нічого незвичайного не бачить? Справді, голим оком трудно щонебудь доглянути на тих усіх далеких усесвітніх тілах, і довгі віки люди дивили ся на небо й нічого путнього не бачили; але згодом придумано такі чарівні прилади, якими хоч у части вдало ся розяснити споконвічну тайну будови безмежної вселенної. Вже давні вчені старовинних і середніх віків послугували ся згаданим ґномоном і секстантом, своєрідним

кутоміром, — нинїшнї астрономи мають багато мистецьких приладів, якими послугують ся у своїх дослїдах. Безумовно, годить ся зазнакомити ся також із тими способами, якими чоловік видирає природї найглибші її тайни, і задля сього ми хвильку задержимо ся ще над сею справою.

⊙ ⊙ ⊙

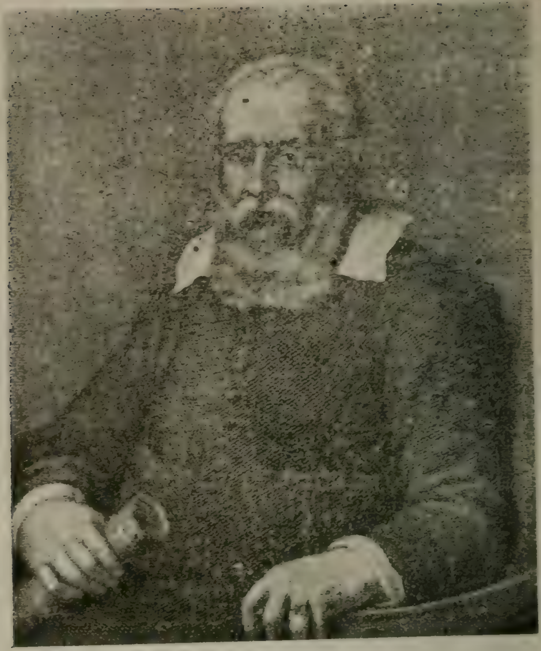
1. Далековиди.

Найважнїщими приладами до розслїду всесвітнїх тїл є далековиди, або, як їх також зовуть, телєскопи або люнети. Коли поглянемо на якийнебудь далековид в астрономічній обсерваторії, то нам видаєть ся сей прилад незвичайно зложеним; одначе, коли приглянемо ся тим приладам докладнїще, тодї легко зрозуміти їх будову.

Завданнє кожного далековида основуєть на сьому, щоби дати можливо найяснїщий, найвиразнїщий і найдокладнїщий образ даного предмету, а відтак сей образ можливо найвиразнїще й найсильнїще побільшити. Се даєть ся осягнути двома способами: або при помочі пукластого скла, так званої сочки, або вгнутими зеркалами. Відповідно до сього розріжнюємо два роди далековидів: сочкові далековиди, або рефрактори, і зеркальні далековиди, або рефлєктори. Пригляньмо ся хоч побіжно одним і другим, розумієть ся, не входячи у докладні подробиції.

а. Рефрактори.

Всякому мабуть звісно, що пукласте скло має дивну прикмету: коли ми через нього по-



Ґалїлео Ґалїлеї,

(Galileo Galilei) уродив ся в Пізї 18. лютого 1564 р., там учив ся і там був професором унїверситету до 1592 р., опісля в Падуї, а від 1610 р. жив на дворі фльорентийських можновладців. В 1609 р. зложив собі сам перший далековид і при його помочі зробив багато важних відкрить. За обстоювание поглядів Коперника на будову соняшного світа („Розмови про два найбільші уклади світа“ Dialogo sopra i due massimi sistemi del Mondo, Фльоренція 1629 р.), попав у неласку духовних властий і, знеможений слїдствами та вязницею, мусів 22. червня 1633 р. в Римі публично відректи ся під присягою коперниканських поглядів. Мимо того держали його під полїцийним доглядом інквізиції, зразу в Римі, а відтак в Арчетрі (Arcetri), де помер 8-го січня 1642 р.

дивимо ся на якийнебудь предмет, то сей предмет видаєть ся нам більшим, а коли поставимо таке скло напроти сонця, або якої ясної полуміні, то воно кидає маленький образець сього предмету, і сей образець можна зловити на підложену картинку або яку заслону. Се можна спробувати з кожною „круглою“ склянкою, або прозорою, але безбарвною пляшкою, тільки треба в них налити чистої води, бо такі пукласті скла мусять бути в середині повні, а не порожні. Ся справа вже дуже гарно прояснена наукою: вона основуєть ся на сьому, що пукласті скла заломлюють у собі переходячі проміні світла, та в той спосіб збирають їх разом, наче б то звязуючи в одному місці. Але близче ми не можемо займати ся цією справою, бо се належить до науки фізики. Розуміеть ся, що чим гарніще виточене таке пукласте скло, тим воно гарніще збирає разом проміні світла, тим гарніщі дає образи й ліпше побільшує. Такі гарно виточені скла називаємо сочками. Із таких власне сочок утворений далековид-рефрактор.

Винахід далековид'в закритий туманом минувшини. Здаєть ся одначе, що перші люнетки придумано в початках XVII. століття, правдоподібно у вітчині шліфовання шкла — Голяндії. Загально приписують сей винахід нідерляндському оптикові Ліперсгаєві (Lippershey), у всякому разї математик Яків Метій (Metius) в роцї 1608 згадує вже про сей прилад, як про добре відомий, а довгі літа відтак називано люнети „нідерляндськими склами.“ Славний астроном Ґалілеї, довідавши ся про сей винахід,

не тільки сам зробив собі гарну люнетку, але пристосував її негайно до астрономічних дослідів. Від сього часу люнета зробила ся необхідним приладом астрономічних дослідів, а вчені фізики й астрономи безупинно працюють над її удосконаленнєм.

Кожний далековид-рефрактор у своїй основі складаєть ся з двох сочок: перша сочка, звернена до предмету, називаєть ся „предметним шклом", або „обєктивом": його завданнєм дати образ віддаленого предмету; друга сочка, звернена до нашого ока, зветь ся „очним склом" або „окуляром", і має завданнє згаданий образ, даний обєктивом, побільшити. Сила далековиду залежить від величини проміру сочки: малі люнетки, яких уживаємо в театрах, мають сочки з проміром кількох центиметрів, астрономічні далековиди мають сочки далеко більші, найбільший ще дотепер істнує, рефрактор обсерваторії Єркеса (Yerkes) в Чікаґо, має обєктив широкий на 1 метер. Чим більша сочка, тим більше збирає вона промінів світла, які виходять із даного віддаленого предмету, тим гарніщий повинен бути образ сього предмету. Тут одначе виступає нова перешкода. Кожний звичайний промінь світла складаєть ся, як прослїджено, з багатьох барвних промінів, отже кожна сочка вправдї збирає разом промінї світла, що падуть на неї з даного предмету, але поприте вона рівночасно й розділює їх на барвні промінї, а наслїдком сього предмети, на які ми дивимо ся через пукласті сочки, обведені більшою або меншою обвідкою із дугових красок. Сьому зараджуєть ся в той спосіб,

що обєктив складаєть ся із двох сочок: одної пукластої сочки, виробленої з так званого „флїнтового“ скла (Flint-Glas), і другої сочки, з обидвох сторін угнутої, виробленої з так званого „коронного“ скла (Crownglas). Згадані скла виробляють ся з відмінного матеріялу: флїнтове скло має в собі багато потасу, а коронне значну скількість олова, через те вони в ріжний спосіб заломлюють і розщіплюють світло, так що коли їх зложити разом, їх „розщіплююче“ діланнє майже зносить ся, бодай так, що тільки при ужиттю найбільших обєктивів виступає не дуже значна обвідка темно-синьої й фіялкової краски. Так зладжені обєктиви називаємо „ахроматичними“, себто безбарвними.

Так приладжений обєктив дає гарний образ того предмету, на який ми через нього дивимо ся; одначе сей образ дуже маленький, так що голим оком ми небагато на ньому могли б побачити. Задля сього ми на сей образ дивимо ся другою пукластою сочкою, окуляром, яка його побільшує. Чим менша сочка окуляра і чим вона більше пукласта, тим образ більший і виразнїщий. Здавало б ся на перший погляд, що, побільшуючи число сочок окуляра, ми могли б одержувати образ довільної величини. На жаль так не є. Кожний прозорий матеріял, все одно, чи се вода, чи скло, або лїд, задержує в собі багато світла, і через те чим грубший окуляр, тим темнїщий виходить даний образ, а далї він такий уже невиразний, що нїчого на ньому доглянути не можна. Давнїще думали, що сьому можна би зарадити, розяснюючи в якийсь

спосіб образ, даний обєктивом, і висловом сього погляду був знаний жарт про відомого астронома Гершеля (сина), наче б то йому вдало ся особливим штучним способом так розяснити й побільшити обєктивний образ місяця, що він доглянув на ньому собаку, чи якусь иншу звірюку. Свойого часу багато навіть дуже просвічених людий повірило у правдивість сього жарту, а з того видно, як загал мало розуміє основи, на яких збудовані далековиди-рефрактори, і то в такій культурній країні, як Анґлїя, не то в нас. Отже треба розуміти, що причина лежить тут у матеріялї, з якого виробляють ся сочки далековида, а не в неясности обєктивного образу.

Виріб сочок для далековидів належить до найбільших і найтруднїщих штук: перша трудність у сьому, щоби вилити відповідну брилу, з якої має бути вироблена сочка для обєктиву; ся брила мусить бути далеко більша від будучої сочки і вся наскрізь однородна, без найменших похибок або занечищень. Відтак приходить ся з тієї брили виробити сочку, яка мусить бути з обидвох сторін як найточнїще кулиставо виточена й вигладжена; вправдї сьогодня маємо вже до сього дуже дотепні прилади, але все ж таки, щоби те все гарно виробити, треба великої зручности і вправи. Тому й не диво, що імена тих мистців, які виробили найбільші сочки для найбільших рефракторів, переховують ся в науці з великою пошаною. І так виробили найбільші нинїшні сочки: для обсерваторій у Віднї (68 cm) і в Ґрінїч (66 і 71 cm) Ґрубе (Grubbe) з Дублїну, у Медон (Meudon) (62 і 83 cm)

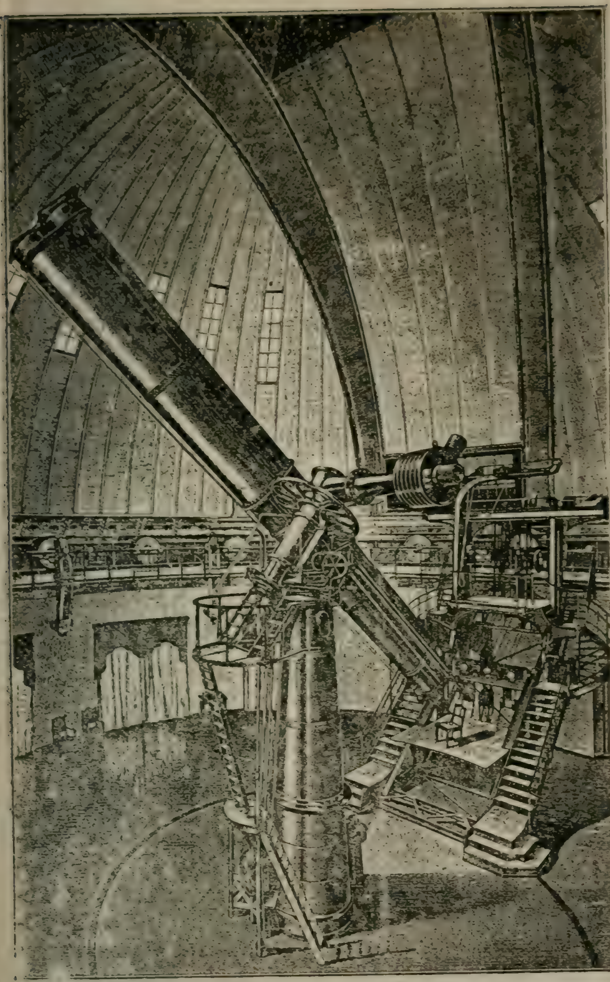
і в Ніс (Ніцея-Nice) у Франції братя Анрі (Henry) з Парижа, в Потсдамі (50 і 80 cm) Штайнгайль (Steinheil) з Монахова (München), а славний мистець на сьому полї Клярк (Clark) виконав найбільші рефрактори: 66-центиметрові для обсерваторії в Уошинґтен (Washington) і Вірджінії (Virginia), 76-центиметровий для російської обсерваторії в Пулковій, 91-центиметровий для Ліка (Lick) і найбільший до сьогодня 102-центиметровий для Єркеса (Yerkes) в Чікаґо. (Обр. 3).

б. Рефлектори.

Як загально відомо, зеркала відбивають дуже гарно промінне світла. Коли в додатку те зеркало буде не рівне, плоске, а вгнуте, тодї воно не тільки відбиває проміні, але ще й їх збирає в однїй точцї, так званій „огневій" або „фокусї". Коли предмет дуже далеко, тодї огнева або фокус угнутого зеркала лежить менше-більше в половинї віддалення поверхнї зеркала від його осередка. Ся прикмета впуклених чи вгнутих зеркал була відома вже давно, та щойно славний Нютон покористував ся нею для зладження далековидів. Одначе зразу такі зеркала були дуже невигідні; щоби побачити образ, треба було до них заглядати з переду, а через те заслонювало ся предмет перед зеркалом та перешкоджувало ся в дослїдах. Щоби сьому зарадити, зробив Касґрен (Cassegraine) у самій серединї зеркала невеличкий отвір, і через нього кидало ся назад одержаний образ при помочі другого маленького вгнутого зеркальця, уміщеного між огневою і зеркалом. У той спосіб можна було

оглядати образ предмету, не закриваючи його собою, з заду зеркала. Одначе таким способом все ж таки ослаблювало ся значно силу зеркала та виразність образу. Длятого, за почином Ньютона, уладжено рефлєктори в той спосіб, що перед огневою уложено маленьке плоске зеркальце, яким образ кидано через отвір, зроблений у бічній стіні рефлєктора, і в той спосіб можна було оглядати образ при кінці рефлєктора з боку, та ще й побільшити його при помочі маленького рефрактора. В новіщих часах замісць згаданого плоского зеркальця уживають звичайно скляної триграннoї призми, через що образи стають виразніщі.

Такі рефлєктори мають свої добрі прикмети. Перше всього велике вгнуте зеркало далеко вигіднїще й лекше виробити, як велику сочку, через що вони стають значно дешевшими. Відтак образи, одержані рефлєктором, усе чисті, без дугової, або хочби тільки синявої обвідки, що очевидно є цінною прикметою, особливо при сильних побільшеннях; задля того великі рефлєктори дають образи далеко виразнїщі, як великі рефрактори, і через те вживають ся головно до фотоґрафовання неба. Вкінці здавало ся, що величину зеркал у рефлєкторів буде можна збільшувати до схочу, коли не до безконечности. Тим способом була надія осягнути великі успіхи, бо чим більше зеркало, тим більший і виразнїщий образ, бо тим більше воно може схопити промінів світла, які виходять із даного предмету. І справді рефлєктори швидко переросли своїх суперників, рефракторів: промір зеркала



Обр. 3. Великий далековид-рефрактор обсеторрваії в Потсдам коло Берліна.

1 рефлекторі льорда Роса (Rosse) виносить с80 cm. а з рефлекторів, виконаних Річієм (Ritchey) для обсерваторії на горі Уілзен (Mount Wilson), один має промір довгий на 150 cm, а другий на 250 cm. Одначе й тут зависна природа поклала неперехідні межі винахідливости людського духа: зеркала, яких промір виносить більше як $1^1/_4$ метра, угинають ся під своїм власним тягарем, і через те образ викривлюєть ся й тратить на вартости. Але й на се знайшов ся спосіб. Штайнгайль і Фуко́ль (Foucault) почали виробляти зеркала зі скла, яке не погинаєть ся так як металь, при чім поверхня скла покриваєть ся тоненькими пластинками срібла. Так приладжені зеркала відбивають і збирають проміні ще гарніще, як дотеперішні металеві. Так власне вже вироблено $2^1/_2$ метрове зеркало згаданого рефлектора обсерваторії на горі Уілзона, а про його розміри можна набрати поняття з того, що саме „зеркало" важить 4.500 кільоґрамів!

⊙ ⊙ ⊙

2. Фотоґрафія.

До найбільших здобутків найновіщих часів належить між иншими також рисованнє при помочі промінів світла, так звана фотоґрафія. Ся штука основуєть ся на тому, що проміні світла викликують у деяких матеріях хемічні переміни. Головно сполуки срібла з йодом, бромом, хльором і хромом відзначують ся тим, що під впливом світла розкладають ся, через те виділене срібло осідає в виді чор-

ного осаду. Коли оттак на плиточку, звичайно скляну або з целюльоіду, покриту згаданою сполукою срібла, кинемо образ якого предмету, то на насвітлених місцях ся сполука розложить ся, а на темних місцях не змінить ся; зробивши се, треба тільки виділене срібло утривалити, а нерозложену сполуку сполокати, то одержимо відворотний образ даного предмету, так званий „неґатив“. Наложивши такий неґатив на свіжу пластинку, покриту згаданими сполуками срібла, і виставивши її на діланнє звичайного денного світла, дістаємо вже дійсний образ, або фотоґрафію. Та ми не маємо заміру займати ся близче сею штукою, згадаємо тільки, що вже винахідник фотоґрафії Даґер (Daguerre) у половині минулого століття пробував робити фотоґрафічні знимки зоряного неба, одначе се йому не вдало ся, бо фотоґрафічні плиточки не були доволї вразливі. Щойно Дрейперові, (Draper), винахідникові чутких кольодіюмових плит, вдало ся в 1863-му роцї виконати першу гарну фотоґрафію місяця. Образ місяця кидав він на фотоґрафічну плиточку при помочі невеличкого власного рефлектора з зеркалом у промірі 40 центиметрів. У подібний спосіб астрономи Фуко́ль (Foucault) і Фізо́ (Fizeau) одержали перші фотоґрафії сонця, а Вара́н де ля Рю і Ратерферд (Warren de la Rue, Rutterfurd) перші і гарні фотоґрафії звіздяного неба, і сї їх знимки мають до сьогодня в науці велику вартість, тому що, виконані перед багатьома десятками літ, дають сьогодня цінний матеріял до порівнання. Одначе тодїшні фотоґрафічні плиточки все ще були замало вразливі, і через те такі знимки

вимагали дуже довгого часу насвітлювання, що дуже утруднювало добре виконаннє. Аж Медо́кс (Maddox) 1871-го року, своїм винаходом новітнїх, дуже вразливих, так званих „сухих“ плиток, спровадив фотоґрафованнє неба на новий шлях. Сьогодня фотоґрафічні знимки неба й усесвітнїх тіл належать до необхідних способів астрономічних дослідів. Уживаєть ся до сього особливо приладжених люнет, які збирають і кидають на фотоґрафічну плиточку головно синї й фіялкові проміні, які власне найсильнїще дїлають на фотоґрафічну плиточку, а се осягаєть ся вироблюваннєм сочок із особливого скла, особливим шлїфованнєм сочок та особливим приладженнєм фотоґрафічних плиточок.

3. Спектроскоп.

Спектроскоп, се найновіщий та найбільш дивовижний, просто чарівний прилад астрономічний. Одначе, щоби зрозуміти його будову й до чого його вживаєть ся, треба нам пригадати собі дещо з науки про світло, або з так званої оптики. Почнемо з кінця, себто від сього, до чого остаточно додумали ся вчені, розслїджуючи пильно всї відомі нам прояви світла. Отже, як кажуть, цїлий наш світ має бути виповнений дуже ніжною, близче нам невідомою матерією, так званим „усесвітнїм етером“. Сей етер нїяк не вражає наших змислів; через те ми його нїяк не можемо спостерегти — і нїколи не знали би про його істнуваннє. Але ось, коли ми яке тїло сильно

огріємо, а через те, як кажуть учені, його частиночки почнуть сильно дрожати, тодї від сього починає дрожати також і етер, що окружує се тїло, і те дроганнє розходить ся в етері все далї й далї. Ви бачили, що дїєть ся, коли на тихе, спокійне плесо води кинути камінчик? Вода в сьому місцї заворушить ся, задрожить, і сї дрогання розходять ся все далї й далї широкими кругами — хвилями. Оттак подібно розходять ся дрогання зворушеного етеру; тільки такі хвилї етеру розходять ся рівночасно на всї сторони та незвичайно швидко, а в додатку вони незвичайно маленькі. З дослїдів показуєть ся, що довжина світляних хвиль етеру вагаєть ся в границях від 4 до 7 десятих частинок мікрона, себто, що на один центиметер припадає таких хвиль від 14.000 до 25.000, а швидкість їх вагаєть ся в границях від 395 білїонів до 763 білїонів хвиль на одну секунду. Через те й світло розходить ся незвичайно швидко, бо пересїчно переходить 300 тисяч кільометрів на одну секунду!

Коли згадані хвилї етеру дістануть ся до нашого ока, дістаємо вражіннє барв і світла. І так: хвилї етеру, довгі від $^3/_4$ до $^3/_5$ мікрону, дають нам вражіннє барви червоної, коротші хвилї дають вражіннє барви помаранчевої, ще коротші жовтої, відтак ідуть краски: зелена, синя і вкінцї фіялкова краска, викликана хвилями етеру, довгими майже на $^2/_5$ мікрона. Коли на наш змисл зору дїлають усї згадані роди хвиль етеру, дістаємо вражіннє звичайного, безбарвного світла. Так отже кожний промінь звичайного білого світла складаєть ся

з цілої вязаночки барвних промінів, які ріжнять ся від себе дуже і довжиною і швидкістю хвиль, тільки що наше око не в силї сього розріжнити.

Одначе, хто з нас не бачив ті гарні триґранні скельця, якими обвішані павуки (свічники) по наших церквах? Вони ж так гарно мінять ся до світла, а коли на них упаде соняшний промінь, вони кидають на стіну маленькі смужки, зложені з прегарних дугових красок. Як же се дієть ся?

Приглядаючись згаданим барвним смужкам, ми зразу мусимо завважати, що коли проміні сонця падуть з гори, з високого церковного вікна, то згадані барвні пятна ми бачимо не на землї, на продовженню соняшних промінів, а значно вище, звичайно на церковних стінах; із сього видно, що проміні сонця, пройшовши через згадані ґранчасті скла, наче б то підскочили в гору, або переломили ся. І справдї, проміні світла, переходячи через прозорий триґранний стовпик, переломлюють ся й виходять уже розложені на барвні проміні. Приглядаючись близче барвним смугам, які в той спосіб дістаємо, бачимо, що вони все складають ся із семи головних красок, які бачимо на дузї, або веселції, що зявляєть ся на небі після дощу, і через те й називаємо їх „дуговиною“ або „спектром“; відтак бачимо, що згадані краски все уложені в тім самім порядку, а то: червона, помаранчева, жовта, зелена, зеленаво-синя, синя й фіялкова. При тім червона краска все є найблизче, а фіялкова найдальше сього місця, де повинен був упасти промінь світла, коли б він не заломив

ся. З того бачимо й причину повстання дуговини: видно, що коли звичайний, білий промінь світла заломлюєть ся, то барвні проміні, з яких він складаєть ся, не заломлюють ся однаково; одні заломлюють ся сильніще, други слабше, фіялкові проміні заломлюють ся найсильніще, червоні найслабше, инші посередно, і через те білий промінь світла, пройшовши через згадане тригранне скло, розділюєть ся на барвні проміні, уложені все в тому самому порядку, і в той спосіб повстає стяжковата дуговина. Дальші досліди на сьому полї відкрили дуже замітні прояви. Перше всього показало ся, що таку стяжковату дуговину дають тільки розжарені тіла тверді й плинні; горючі ґази дають дуговину цілком иншу: на тій дуговині замісць барвних смужок бачимо поєдинокі, від себе віддїлені, барвні черточки; таку дуговину називаємо лінійною. Краска й положеннє тих барвних черточок є для кожного ґазу особливі: на пр. сод дає одну тільки вузеньку жовту черточку; літ одну червону й одну помаранчеву; потас дві червоні черточки, а від барви жовтої вже майже неперервану дуговину, вап дає тільки сильно поперериваиу середню частину дуговини; азот по кілька широких черток кожної барви, від помаранчевої почавши; водень дає чотири тоненькі черточки: одну червону, одну синю й дві фіялкові і т. д.

Одначе на сьому не кінець. Вже Нютон завважав на дуговинї сонця багато тоненьких темних черточок. Ті черточки розслідив докладно Фраунгофер, у початках минулого століття, і на його честь сї черточки й нази-

ваємо лініями Фраунгофера. Показало ся, що згадані черточки виступають усе в однаковому числї і в однакових місцях, а се вказувало на глибшу причину сієї прояви. Одначе щойно славні досліди Кірхгофа й Бунзена, в роках 1857 до 1863, розвязали сю загадку. Згадані вчені доказали, що коли промінї білого світла переходять через який ґаз, то він задержує в собі з даного світла всї ті промінї, які він сам виділює в розжареному станї. Коли ж ми відтак се світло розложимо на барвні промінї, тодї на дуговинї одержимо у відповідних місцях прірви, у виді згаданих темних черточок Фраунгофера.

Одначе й на сьому ще не кінець. Найновіщі досліди виказали, що коли жерело світла до нас наближуєть ся, тодї довжина хвиль етеру дещо скорочуєть ся, і се викликує пересуненнє черточок дуговини в сторону фіялкової краски. Коли ж жерело світла від нас віддалюєть ся, тодї хвилї дещо видовжують ся, і се викликує пересуненнє черточок в сторону червоної краски. Оцей закон Доплєра (Doppler) віддав астрономії неоцінені прислуги, бо дозволив відкрити при помочі спектроскопу рух усесвітнїх тїл, чого в инший спосіб спостерегти не можна.

Як бачимо, маленький спектроскоп, се один із найбільш мистецьких приладів нинїшньої астрономії; при його помочі ми не тільки можемо довідати ся, задля чого якесь усесвітнє тїло світить, чи там на ньому розжарені тверді або плинні маси, чи може горять які ґази, але також, якими ґазами сповите те тїло, що світить, та чи воно стоїть на

одному місцї, чи може рухасть ся, і в якому напрямку.

Оцей чарівний прилад складаєть ся властиво тільки з малої пластини, в якій є невеличка щілиночка для промінів світла, що їх маємо розложити, та одного або кількох, також невеличких, скляних стовпиків — призм. Промінї світла дістають ся до щілиночки звичайно при помочі далековида: а так одержану дуговину розглядаєть ся при помочі сильно побільшального скла. Розміщеннє фраунгоферівських лінїй вимірюєть ся й означуєть ся при помочі прозорої поділки, уміщеної в побільшальному склї.

Годить ся зазначити, що під теперішню пору дуговини розслїджуєть ся не безпосередно, але щойно на основі їх фотоґрафій; через те осягаєть ся подвійну користь: по перше, що сучасні вразливі фотоґрафічні плитки дають нам образи таких ніжних дуговин, на пр. дуже далеких звізд, яких голим оком ніяк уже не можна розпізнати, а по друге, що фотоґрафічна знимка дозволяє нам розслїдити не тільки сю частину дуговини, яку ми бачимо голим оком, але, що найважнїще, й таку, яка цілком невидима дла нашого ока, себто частину позафіялкову, що має також особливі дуже важні черточки.

Опісля будемо мати нераз нагоду переконати ся, які незвичайно важні тайни природи відкрив нам спектроскоп, а тимчасом приглянемо ся ще й иншим важнїщим приладам, які вживають ся при астрономічних дослїдах.

4. Инші астрономічні прилади.

Звичайно люди думають, що одиноким завданнєм і заняттєм астрономів є, приглядати ся всесвітнім тілам, так що астроном більш нічого не робить, як тільки оглядає небо далековидом. Розумієть ся, що такий погляд цілком невмісний; завданнєм астрономії є: не лише пізнати докладно всесвітні тіла, але, що важніще, розслідити та прояснити всі дотичні прояви та відкрити ті таємні всемогучі закони, на основі яких збудована ціла вселенна. До сповнення таких важких завдань далековиди не вистарчають, і в тій цїли астрономи придумують що раз то инші, нові прилади, якими видирають природі, здавало б ся, недосяжні таємниці.

Ми вже мали нагоду пізнати близче один такий прилад, себто спектроскоп, тепер із черги приглянемо ся ще й иншим, хоч найважніщим.

а. Південникове коло.

Одним із важніщих завдань астронома є, означити докладно положеннє даного всесвітнього тіла. До сього служить особливий прилад „південникове коло“. Є се далековид, осаджений на поперечній оси так, що він може на ній обертати ся, мов колесо при возї. Вісь сього приладу уложена по змозї як най-

точніще від сходу до заходу. Через те згаданий далековид може обертати ся тільки в сторону з півдня на північ, значить — тільки в напрямі південника даної місцевости. Здавало би ся, що таке обмеженнє рухів згаданого приладу дуже обмежує його ужиток, а тимчасом се власне є його цінною прикметою. Перше всього сей прилад показує точно положеннє південника даного місця. Се положеннє південника означене на сочці сього приладу ніжною черточкою, так що, дивлячись через сей далековид, бачимо відразу перед собою місце, куди південник переходить по небу.

По друге, згаданий прилад дає спромогу точно означити час, коли яке всесвітнє тіло переходить через дотичний південник, на який наставлений сей прилад; є се та хвиля, в котрій дотичне всесвітнє тіло переходить якраз через згадану черточку, якою зазначене положеннє дотичного південника.

По третє, сей прилад означує нам відразу, як високо підносить ся дане всесвітнє тіло в хвилі переходу через південник. Се відчитуєть ся на відповідних кутомірах, які уміщені при осях сього приладу. Поділку відчитуєть ся при помочі дрібновидних приладів — мікроскопів, так що ми маємо спромогу дуже точно означити, під яким кутом треба піднести й уставити дуло далековида понад позем овиду, щоби можна побачити дане всесвітнє тіло посеред поля, яке бачимо тим приладом.

6. Часоміри.

При всяких астрономічних дослідах дуже важно, можливо точно означити час, у якому

відбувають ся прослїджувані прояви, задля сього добрий годинник є необхідним приладом кожної астрономічної обсерваторії. Астрономи послугують ся звичайно годинниками маятниковими, при чім секундовий маятник мусить бути „компенсацийний“, себто так зладжений, щоби на нього не впливали зміни температури. Згадана „компенсація“ полягає в тому, що прутик маятника зложений із кількох прутиків з ріжних металїв, які при змінах температури не однаково змінюють свою довжину, і через те загальна довжина прутика остає майже незмінена. Також замісць кружка (щиту) в таких маятниках уживаєть ся посудина з живим сріблом: коли через огрітте наслїдком тепла прутик маятника видовжить ся в діл, тоді рівень живого срібла, наслїдком розширення, підносить ся до гори, а при остудженню противно. В наслїдок того осередок тяготи маятника остає майже на сьому самому місцї.

В нинїшнїх часах згадані маятники удержують ся в руху при помочі електричности.

Астрономічні годинники показують, розумієть ся, звіздяний час.

Для точного означення часу якоїсь астрономічної прояви служить „автоматичний хроноґраф“. Уладжений він у той спосіб, що при помочі годинникового приладу пересуваєть ся рівномірно довга паперова стяжечка, подібна до тої, якої уживаєть ся при телеґрафах. Окремий прилад зазначує на тій стяжці ті частинки, які пересувають ся в протягу поодиноких секунд; коли ж приходить хвиля, в якій відбуваєть ся дана ожидана прояви, астроном

одним натисненнєм електричного „ключа“ записує на стяжечці знак, а з положення сього значка на стяжці можна дуже точно означити жаданий час. Докладність таких хроноґрафів доходить до сотних частин секунди.

Крім сих головних астрономічних приладів уживають астрономи ще багато инших приладів, одначе се вже такі подробиці, які обходять тільки специялістів.

в. Астрономічна обсерваторія.

До астрономічних дослідів треба крім приладів ще й особливого уладження. Особливі будинки, уладжені для таких дослідів, називаємо астрономічними обсерваторіями. Астрономічні обсерваторії будуєть ся в спокійних місцях, подальше від рухливих і галасливих площ та вулиць, бо астрономічні досліди потребують тишини й спокою. Дуже радо будують такі обсерваторії на горбах або високих горах, бо чим вище, тим повітрє чистіще й рідше. Наша земля притягає до себе повітрє так само, як і всї инші тїла на землї, а що ся сила притягання слабне з віддаленнєм від осередка землї, то через те земля сильнїще притягає ті частини повітря, які є близче неї, як ті, що дальше від неї. Задля сього повітрє при поверхнї землї дуже густе, а чим дальше від поверхнї землї, тим воно рідше; коли б ми цїлу нашу атмосферу стиснули так, щоби повітрє було скрізь так само густе, як при самій землї, тоді атмосфера, що обгортає нашу землю, досягала б ледви 10 кільометрів. Як відомо, висота нашої атмосфери в десятеро більша. Отже, коли ми

дивимо ся на якийсь предмет, віддалений від нас на 10 кільометрів, то, хоч повітрє чисте й незахмарене, сей предмет видаєть ся нам дуже невиразним: його черти немов затирають ся, а то часом неначе викривлюють ся. Діеть ся се не лише задля сього, що повітрє при землї дуже густе, але й через те, що воно нїколи не є спокійне: воно все рухаєть ся й переливаєть ся; огріте повітрє підносить ся вгору, а остуджене вгорі спадає в долину. До сього долучують ся ще й вітри, які приносять із собою нові струї повітря ріжної густоти й температури. Оттак повітрє нїколи не є спокійне, воно все дрожить і хвилює, а се викликує постійне дроганнє й заломлюваннє промінїв світла, які переходять через повітрє. Наслїдком сього предмети в значнім віддаленню видають ся нам, наче б то вони хвилювали й дрожали. Коли ж ми дивимо ся на такий предмет не голим оком, а далековидом, то сей неспокій збільшуєть ся стільки разів, яка є сила побільшення сього приладу. Коли повітрє неспокійне, образ віддалених предметів в люнетї так дрожить, що се просто унеможливлює дослїди.

З тих усїх причин астрономічні обсерваториї будують ся найрадше на горбах або високих горах, а — коли можливо — у відлюдних околицях гарячого підсоння, де повітрє дуже сухе й чисте. Середуща й північна Европа, де повітрє майже все дуже вогке й замрячене, на жаль дуже непригожа для астрономічних дослїдів.

Найважнїщим завданнєм обсерваторії є уставленне далековида, який, як знаємо, дохо-

дить до значної величини. Задля сього будуєть ся звичайно невеличку вежу, покриту круглою банею. Щоби уможливити огляданнє неба далековидом, має баня відповідні отвори та може розсувати ся, де треба, а в додатку вона осаджена на колїсцятках і може повертати ся так, щоб люнетою можна оглянути небо в кожному місцї.

Посеред такої вежі уставляєть ся далековид. Се не мала штука! Далековид сам важить нераз кілька тисяч кільоґрамів і мусить мати сильну основу, в додатку він мусить бути на нїй так осаджений, щоби міг легко порушати ся на всї сторони. Щоби зрозуміти сей спосіб осадження люнет, погляньмо на хвилинку через далековид на якунебудь звізду. Коли се зробимо, то відразу побачимо, що наша звізда не стоїть неповорушно посеред поля видження люнети, але швидко пересуваєть ся через нього, та за хвилинку втече нам зперед очий. Дїєть ся се тому, що наша земля обертаєть ся довкола оси, і через те ми разом із нашою люнетою постійно пересуваємо ся з заходу на схід, а наслїдком сього звізда, на яку ми дивимо ся через люнету, пересуваєть ся в сторону противну. До сього не забуваймо, що люнети сильно побільшують: оттак, коли наша люнета побільшує на приклад 1000 разів, то її поле видження займає не більше як 2' на склепінню неба, що для голого ока займає не більше місця, як мала точка! Через таке маленьке місце звізда пересунеть ся за одну хвилинку, і задля сього в великих далековидах звізди, і загалом усї всесвітнї тїла, так швидко пересувають ся через поле виджен-

ня, що нема часу щонебудь на них спостерегти. Щоби тому зарадити, осаджуєть ся люнету так, що б вона могла обертати ся на двох осях. Одна вісь є так звана „збічна“, простовисна до оси самої ж люнети; на ній повертаєть ся люнета у двох напрямах: рівнобіжному й простовисному до позему землї, і тим способом можна наставити люнету на кожне місце небесного склепіння.

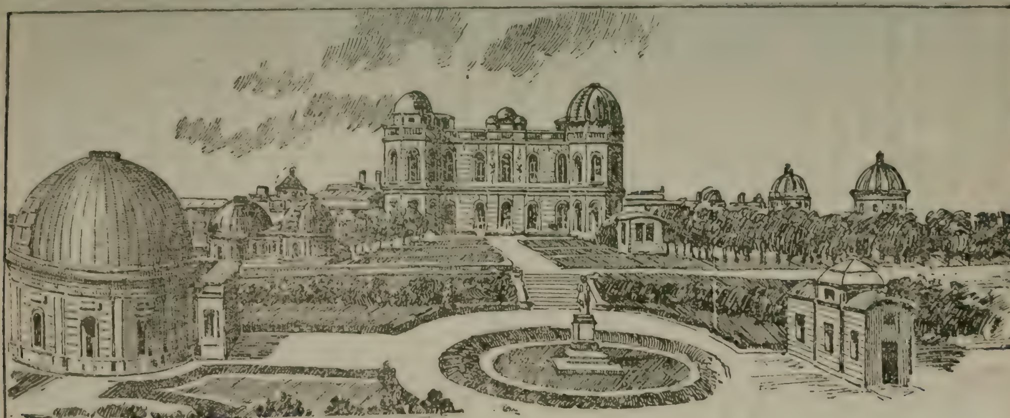
Щоби ж уможливити дослїди люнетою мимо згаданих наслїдків обороту землї, згадана вісь люнети осаджуєть ся на другій оси, простовисній до неї, а сю останню вісь люнети уставлюєть ся рівнобіжно до оси нашої землї. Ся вісь люнети називаєть ся задля сього „бігуновою“ осию люнети. Особливим годинниковим приладом цїла люнета може повертати ся довкола згаданої бігунової оси з такою самою скорістю і в тому самому напрямі, як позірно пересувають ся звізди по небесному склепінню. Наслїдком сього, коли астроном уставить люнету на якусь звізду і пустить у рух згаданий годинниковий прилад, дана звізда стояти ме неповорушно посеред поля виджения так, наче б то наша земля на чарівний приказ астронома задержала ся й перестала обертати ся довкола своєї оси!

Таке осадженнє далековида називаєть ся „рівниковим“ або „параляктичним“, а так уложену люнету називають також „екваторіялом“.

Одначе се ще не розвязує цїлком питання доброго уставлення люнети. Ми вже звертали увагу на те, яке маленьке місце на небі можна обняти полем виджения доброї люнети. Задля сього добрим далековидом дуже тяжко

знайти бажану звізду. Коли б на се не було способу, то ми могли б цілими годинами шукати бажаної звізди та її не знайти. Отже й на се є спосіб: До великана-далековида прикріплюєть ся маленьку люнетку, якої окуляр тільки слабо побільшує, а через те має велике поле видження; ся мала люнетка уложена рівнобіжно до великої, але так, що коли яку звізду уложити в осередку її поля видження, то рівночасно ся звізда знайдеть ся і по середині поля видження великого далековида. Сю малу люнетку називаємо задля сього „знахідником“. Отже астроном, знайшовши голим оком бажану звізду, вишукує її знахідником, що не представляє ніякої трудности, а уложивши її посеред поля видження сієї малої люнетки, відразу має великий далековид наставлений як слід.

Одначе астрономам приходить ся дуже часто досліджувати такі всесвітні тіла, яких ані голим оком, ані навіть слабим знахідником не можна доглянути. Задля сього вони мусять мати спосіб ізнайти й такі невидимі тіла. Осягаєть ся се при помочі дуже простого приладження. До збічної оси є прикріплене так зване „коло збочень“; є се півколє, поділене на ступні й мінути, а осібна рухома вказівка, уложена рівнобіжно до головної оси далековида, показує, як високо піднесено трубу далековида. Знову ж до бігунової оси прикріплене „годинне коло“, якого обвід поділений на 24 рівних частинок, званих „годинами“, а кожна година поділена на 60 мінут. Поділка, означена числом 12, лежить якраз на південнику обсерваторії, чи там по-



Обр. 4. Астрономічна обсерваторія в Парижі.

казує, коли сей південник переходить через саму середину поля виджения далековида. Отже, щоби знайти якенебудь усесвітнє тіло, хоч би й невидне для голого ока, треба тільки знати точно його положеннє на небесному склепінню, себто, коли, о котрій годині, дане всесвітнє тіло переходить понад південник його обсерваторії, і як високо воно тоді стоїть на небі понад овидом. Знаючи се, астроном наставляє трубу далековида відповідно до годинного кола на згадану годину і підносить її до жаданої висоти, що покаже йому вказівочка збічного кола. Пустивши в рух годинниковий прилад бігунової оси, може він уже спокійно приступати до розсліду згаданого тіла, бо воно вже жде на нього посеред поля виджения далековида.

Як же ж може астроном порушувати оттак на всі сторони таким великаном-далековидом, що важить нераз тисячі кільоґрамів? Чи в нього така таємна сила, наче в козака-характерника, чи може він знає які чари на се? Справді, астроном має на се чарівний спосіб, такий, що й маленька дитинка може наставити туди, куди треба, навіть найбільший далековид! Далековиди порушають ся при помочі електричного мотору, і астроном потребує тільки легенько діткнути відповідний притиск, а далековид посуваєть ся сам так, як треба й туди, куди треба.

Ось таких чарівних приладів уживає нинішня астрономія до розсліду всесвітніх тіл. Та найбільше чарівний прилад, яким чоловік досліджує вселенну, се таки людський мозок. Так, справді, наш людський мозок! Він

розуміє як слід і розяснює все те, що показують нам наші змисли й ріжні прилади; він видосконалює де далї все краще способи дослїдів, і тим способом поглиблює все більше й більше своє знаннє; він обчислює віддаленнє всесвітнїх тїл, їх рухи й величину; він прослїджує їх уклад і будову; він відкриває ті всемогутнї закони, які кермують усїми проявами у вселенній та удержують у ньому такий величнїй лад і порядок.

А сей найбільш чарівний прилад також постійно удосконалюєть ся та, без упину провірюючи своє знаннє й справляючи свої помилки, веде нас усе близче і близче до розвязки всїх відвічних таємниць вселенної... до пізнання вічної Правди!

III.

Обзорини по небі.

Оттак ми розпрощали ся з нашою землею та, приглянувши ся, якими способами розслїджуєть ся всесвітнї тіла, хочемо зазнайомити ся близче з тим усїм, що дїєть ся в нашому всесвітї. Та, щоби не заблудити в тих безмежнїх усесвітнїх просторах, мусимо трохи розглянути ся по небі, щоби, коли буде треба, як слїд у ньому розізнати ся.

Колинебудь кинемо оком на наше небо, бачимо його в постатї велитенської півкулї, що опираєть ся на овидї. Одначе від добрих наших знайомих, що були по другій сторонї нашої землї, в Америцї, знаємо, що там небо виглядає точнїсїнько так само: воно має вид півкулї, що спираєть ся на овидї. Значить, небо має вид кулї, серед якої находить ся наша земля. Коли б нам наша земля усунула ся зпід ніг і зникла, то ми би знайшли ся в самій серединї сеї гарно виточеної небесної кулї, в самім осередку цїлого нашого світа. Коли б се був погідний день, тодї десь посеред тієї кулї світило б ясне сонце, осліплюючи все своїм блеском, а коли би нам удало ся його прислонити, або загасити — от так, як гасить ся ясну електричну лямпу, — то вмить цїла наша небесна куля покрила би ся мілїона-

ми дрібнесеньких зірочок, що мов жемчуги-самоцвіти мигтїли би скрізь по нашій кулї. Поперек цїлої сеї кулї тягнув би ся мрачний блїдо-світячий пояс, що навскіс передїлював би цїлу небесну кулю на дві майже рівні півкулї — се Молочна або Чумацька Дорога, десь там світив би наш місяченько, а при пильнїщім перегляді ми певно знайшли би ще й инші дива... але про се опісля.

Ми знаємо дуже добре, що се звичайний обман нашого змислу зору, який, сягаючи скрізь на однакову віддаль, дає нам враженне такої кулистої постаті неба, одначе, щоби навчити ся дивити ся на небо, приймемо на хвилину, що сей обман є дійсною правдою.

От ми знову на нашій землї, та уявім собі, що вона так змалїла, що ми можемо відразу обняти її цїлу нашим зором та, зробивши кілька кроків, можемо знайти ся на кожному бажаному місцї. Ось ми саме на північному бігуні і, взявши великий простий дріт, перепихаємо його наскрізь через нашу землю. В нас у сїй хвилинї така чарівнича сила, що ми можемо робити, що тільки задумаємо! Згаданий дріт пройде наскрізь через цїлу землю, і се буде вісь нашої землї. Після сього скажім таке закляттє, щоби ся земська вісь росла на обидві сторони до... безконечности. Так ся вісь рости ме все далї й далї, аж вкінцї таки дійде до небесного склепіння і там застрягне обидвома своїми кінцями. Оцї дві точки, де продовжена вісь нашої землї дотикаєть ся небозводу, називаємо бігунами неба, або бігунами вселенної. Бігунів вселенної є, розумієть ся, два: північний і полу-

дневий, і обидва вони лежать над відповідними бігунами нашої землї.

Близько північного всесвітнього бігуна лежить маленька зірка, і через те її називаємо Бігуновою або Полярною звіздою, і хто її знає, тому дуже легко знайти північний бігун нашого неба. Коли ми саме на північному бігунї, то відповідний бігун неба і Бігунова звізда, є якраз понад нашими головами. Коли ж ми перейдемо на Україну, до нашого Київа або Львова, то відсунемо ся далеко від Бігунової зірки. Назначім сю точку, що є якраз понад нашими головами, і назвім її „зенїтом“ та пошукаймо, де є на небі Бігунова зірка, а побачимо, що вона віддалена від зенїту далеко на північ, майже в половинї дороги від зенїту до північної частини овиду. Над полудневим бігуном землї не видно нїякої звізди, і через те полудневий бігун вселенної уже не так легко віднайти на небі, але про се нам байдуже, бо й так ми його не побачили б, він же ж по другій сторонї нашої землї.

Приглядаймо ся тепер пильно через довший час нашій усесвітній кулї, а побачимо, що майже всї звізди стоять на нїй нерухомо, мов золоті цвяшки, понабивані на церковній банї, та за те ціла згадана куля разом із усїми звіздами обертаєть ся без упину довкола всесвітньої оси в сторону зі сходу на захід. Знаємо вже, що се властиво наша земля обертаєть ся довкола своєї оси з заходу на схід, одначе полишім ся ще хвилину при нашому самообманї.

Користаючи з сього, возьмім велитенський

„циркель“, такий, якого вживаєть ся до чертання гарних кол, і, поклавши його один кінець на бігуні вселенної, зачеркуймо другим кінцем що раз більші кола довкола нашого бігуна вселенної. Оці кола, се рівнолежники неба, або рівнолежники вселенної, що відповідають вповні тим рівнолежникам, які ми назначили на нашій землї: перші лежати муть якраз над останніми.

Рівнолежник, що переходити ме по всесвітній кулї, якраз у рівному віддаленню від обидвох бігунів неба, се власне рівник нашого неба, що переходить через саму середину всесвітньої кулї. Коли б ми могли його справді зазначити на склепінню нашого неба, то бачили б тільки одну його половину, в виді гарного півкола, яке переходило б зі сходу на захід, досягаючи майже половини віддалення між зенітом і полудневою стороною овиду. Тою дорогою переходить сонце якраз 21-го марта і 23-го вересня, так що хоч два рази до року ми маємо спромогу наглядно бачити, кудою переходить така важна черточка по нашому небі.

Рівнолежників можна повести на нашому небі без числа, чи там тілько, скільки нам треба. Поведім один такий рівнолежник так, щоб він долішнім своїм кінцем діткнув ся овиду, то горішнім своїм кінцем він перейде трохи поза зеніт; оцей рівнолежник відтинає кругом північного бігуна частину нашого неба, яка все є ціла понад обрієм, і через те на ній звізди ніколи не сходять і не заходять. Відповідний рівнолежник, поведений по противній стороні всесвітньої кулї, кругом полудневого

бігуна, відтинає сю частину неба, яка ціла лежить під нашим овидом, так що звізди на тій частині неба ніколи не виходять понад наш обрій, і через те ми їх, у нас на Україні, ніколи не бачимо.

Звізди, які положені на всесвітній кулї між обидвома згаданими рівнолежниками нашого неба, сходять у протягу ночі, виступаючи зпід обрія по східній стороні неба, а перейшовши по небу понад нашими головами, заходять знову під обрій по західній стороні, зачеркуючи по небі півкола, тим більші, чим більш вони зближені до тієї полоси неба, де звізди ніколи не ховають ся перед нами.

Коли наше ясне сонце колись погасне, і нашу землю обгорне вічна темна ніч, тоді у протягу доби всї звізди згаданої полоси нашого неба пересунуть ся оттак перед нашими очима; а так, доки сонце світить на небі, ми можемо бачити тільки ті звізди, які переходять по нашому небі у протягу ночі; тих звізд, які переходять по нашому небі у протягу дня, ми не бачимо, задля сліпучого блеску нашого сонця. За те ті всї звізди видно в ночі на південній півкулї нашої землї.

Та крім рівнолежників можемо на нашій усесвітній кулї повести також і південники, відповідні до тих, які ми бачили на нашій землї. Такі всесвітні південники переходять через обидва бігуни вселенної і йдуть рівнобіжно до земних південників.

Коли б ми такий південник справді яким чином зазначили на нашій усесвітній кулї, то наслїдком сього, що всесвітня куля обертаєть ся довкола продовженої оси землї, ми бачили б,

як згаданий південник швидко пересуваєть ся зі сходу на захід; одначе за 24 години він знову повернув би назад на своє давне місце. Поведім на нашій усесвітній кулї 12 таких південників, у рівних відступах, а цїла небесна куля розділить ся на 24 рівних полос, так що кожна така полоса буде годину пересувати ся понад нашими головами. Коли ж би ми ще й до сього між тими дванацятьма головними південниками повели ще по 60 нових південників, то що мінути пересунеть ся новий південник понад нами. Задля сього ми всесвітнї південники називаємо також „годинними південниками“, і ними справдї дїлимо цїлу кулю нашого неба на 24 рівних піль; при їх помочі можна все добре розізнати ся в безмежних усесвітнїх просторах. Треба тільки згаданї південники позначити відповідними числами, себто знати, відки починати їх числити. Отже принято, що південники починаємо числити від того південника, що переходить через усесвітнїй рівник в „точцї весняного зрівнання“. На південнику, який переходить через згадану точку, стоїть сонце о 12. годинї в полудне в часї весняного зрівнання, себто 21-го марта. Ся точка зазначуєть ся зером (0). Почавши від сеї точки, дїлить ся всесвітнїй рівник, в сторону з заходу на схід, на 24 рівних частин, званих годинами, а кожну таку „годину“ на 60 рівних частинок, званих мінутами.

Треба тільки ще четвертину кожного південника, числячи від рівника до бігуна, подїлити на 90 рівних ступнів, а кожний ступінь на рівних 60 мінут і через ті подїлки повести рівнолежники, а цїла всесвітня куля

розділить ся на багато рівних, точно означених малих піль, серед яких легко вже знайти ся.

Як бачимо, всесвітню кулю нашого неба ділимо подібно, як поверхню нашої землї, рівнолежниками й південниками; всесвітнї рівнолежники лежать навіть просто над земними, тільки південники розложені для вигоди відповідно до часу обороту землї.

Знаючи відношенне між рівнолежниками та південниками на землї й на небі, можемо точно означити положенне кожного всесвітнього тіла на небесному склепиню. Треба тільки знати, який рівнолежник і який південник переходять через сю точку на небі, де є бажане всесвітнє тіло.

Задля сього треба тільки знати, на кілько годин, мінут і секунд віддалений південник даного всесвітнього тіла від кола весняного зрівнання, се називаєть ся його „простим піднесеннєм“ (Rectascensio), а відтак, як високо стоїть згадане тіло на сьому південнику, себто, кілько ступнів, мінут і секунд числить відтинок згаданого південника, числячи від рівника, і се називаєть ся „збоченнєм“ (Declinatio) даного всесвітнього тіла. Оттак, знаючи піднесеннє і збоченнє даного всесвітнього тіла, маємо спромогу в кожній хвилї віднайти його на безмежних усесвітнїх просторах, посеред безлічі инших небесних тіл, а навіть відразу наставити далековидню трубу на жадане всесвітнє тіло, не бачучи його анї голим оком, анї знахідником.

Оцей спосіб означування положення всесвітнїх тіл посеред неба основуєть ся, як бачимо, на позірній оманї наших змислів, наче б то всесвітнїй простір довкола нашої

землї мав вид кулї, яка в додатку обертаєть ся довкола нашої землї на спільній оси. Знаємо добре, що се неправда, одначе сей спосіб такий вигідний і так добре сповнює своє завданнє, що ми без вагання ним користуємо ся, тим більше, що поки що й не маємо иншого й лїпшого.

IV.

Місяць — одинак і товариш нашої землї.

Наша земля має вірного товариша своєї долї й недолї! Від віків не відступає він від неї і, як тільки ясне сонїчко сховаєть ся під овидом, не гаючись, виходить розвеселити нічну темряву своїм лагідним сяйвом. Правда, часом він виходить скоріще, часом пізнїще, а часом таки й цїлком не показуєть ся на небозводї, але се мабуть задля сього, щоби не бути надто настирливим своїй товаришцї. Маєть ся навіть враженнє, що він стараєть ся розганяти скуку своєї сонної товаришки, бо заєдно міняє своє обличе: раз він розкішний і повнолиций, то знову немов підвязаний і наче скривлений з болю або туги, иншим разом тоненький, як скипка, немов би дивив ся крізь щілинку яких невидимих дверий. Можливо, що земля дивить ся на нього не дуже то ласкавим оком, але все ж таки він її не покидає! Оцим вірним товаришем нашої землї є наш місяць — наш добрий знакомий і, можна би сказати, приятель.

Серед ясної й тихої ночі місяць проти нашої волї приковує до себе нашу увагу. Його

лагідний, а все ж таки доволі ясний блеск не лиш розяснює темряву ночі та поля й дороги, але й злагоджує наші зворушені почування, а присипляючи наші змисли нічною тишиною і півтемрявою, робить нашу душу чуткою на найніжніщі внутрішні враження...

Задля сього вже від найдавніщих віків місяць є вірним другом горячих молодих сердець і ніжних, уразливих душ, задля сього й оспівують його всі народи у своїх що найгарніщих піснях.

Крім сього місяць звертає на себе увагу своїм особливим виглядом; на його ясній поверхні видно все постійні яснїщі й темнїщі пятна. Голим оком на тих пятнах не можна доглянути нїчого путнього, але власне задля сього отвирається тут широке поле для людської уяви; одні бачать у тих пятнах черти людського лиця, очі, ніс і губи, та думають, що місяць — се лице якогось бога або богині, инші хочуть доглянути там на місяці якісь наче б то людські постаті, що, мов закляті, стоять неповорушно на поверхні місяця; одним здається, що се Каїн з Авлем на вилах, другим, що се якісь святі або зачаровані постаті, а все те дає основу до безлічі казок і леґенд, на які така богата устна словесність кожного народу.

Вкінці місяць замітний своїми постійними змінами постаті, які правильно по собі чергують ся. Вже найстарші відомі нам народи, а також богато нинішніх диких некультурних племен, звернуло увагу на сю постійну правильність та приняло сї зміни місяця за основу до мірення часу.

Такий спосіб числення часу подибуємо у старих Китайців, Асирийців і Єгиптян ще на тисяч літ перед Христом, відтак переняли їх давні Греки й Римляни, а й тепер же ж назва „місяць“, яка ще задержала ся у всїх культурних народів на означенне 30- до 31-дневного протягу часу, що не має нічого спільного зі згаданими перемінами місяця, — се ще пережиток із тих прастарих часів.

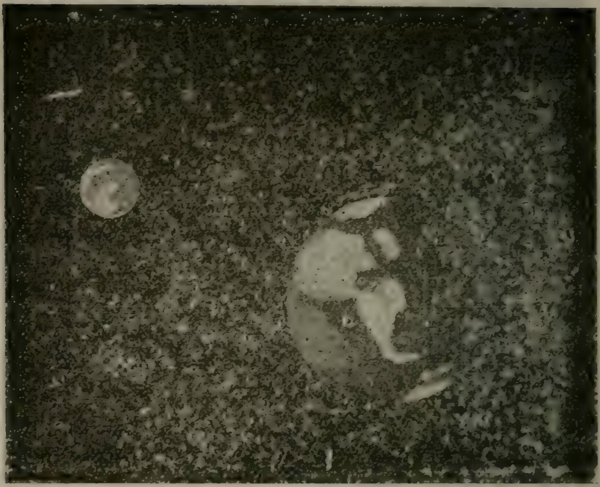
Але пригляньмо ся близче сьому вірному товаришеві нашої землї.

⊙ ⊙ ⊙

1. Постать і величина місяця.

Коли дивимо ся на місяць у повнї, то він виглядає неначе ясний, рівно витечений кружок. Одначе вже грецькі астрономи здогадували ся, що місяць кулистий, тільки що не мали на се наглядних доказів; але з хвилею винаходу далековидів про се не було вже ніякого сумнїву, бо навіть уже доброю театральною люнеткою видно дуже добре, що місяць пукластий, як куля. Правда, місяць звернений до нас усе тільки одною своєю стороною і ми не маємо спромоги колинебудь заглянути, як він виглядає з другої сторони, все ж таки, коли погляд кулистої постаті нашої землї здобув собі право горожанства в астрономії, тодї видавало ся всїм самозрозумілим, що й місяць мусить мати також вид більш або менше зближений до кулї. (Обр. 5).

Переходячи через котрийнебудь південник нашого неба, який, як відомо, дїлимо на ступнї, мінути й секунди, місяць займає своєю шири-



Обр. 5 Порівнаннє величини місяця й землї; їх віддаленнє значно поменшено; відповідно до величини їх треба би віддалити від себе на 8 dm.

ною 31' 8''; відповідно до його віддалення від нашої землї означує се, що промір місяця виносить кругло 3480 km. Відповідно до постаті нашої землї можна було здогадувати ся, що місяць також сплощений на обидвох своїх бігунах, одначе довго не можна було нїяким способом доглянути сього сплощення: як голим оком, так і під сильним побільшеннєм далековидами видно місяць все в постаті гарно виточеної півкулї. Доперва в останнїх лїтах, при помочі дуже сильно побільшальних далековидів, удало ся відкрити, що місяць все ж таки сплощений на обидвох бігунах, хоча

— що правда — се сплощеннє дуже незначне, бо виносить тільки приблизно два кільометри. В порівнанню з проміром місяця се сплощеннє таке незамітне, що цілком не диво, що до недавна тяжко було його доглянути.

Одначе тут заходить ще одно питаннє. Як згадано, місяць обернений до нашої землі все одною й тою самою стороною, отже сю половину місяця земля притягає постійно далеко сильніще як другу, що все відвернена від неї, а наслідком такого постійного притягання місяць повинен видовжити ся в сторону землі. І справді, коли вище згаданий астроном Варан де ля Рю відфотоґрафував місяць з двох значно віддалених місць, і на ті фотоґрафії подивив ся „стереоскопним“ способом, то показало ся, що звернена до нас сторона місяця не півкулиста, а стіжковата, наче добра копиця сіна! В половині минулого століття такі „стереоскопні“ образи місяця робили велике враженнє, але опісля показало ся, що тут маємо до діла з оманою в наших очах. Точні наукові поміри на фотоґрафічних знимках місяця, переведені вченими Францом, Майнкою і Завндером (Franz, Mainka, Saunder) виказали, що, хоч таке видовженнє місяця в сторону землі справді істнує, воно в дійсности також незначне, бо виносить ледви 4—5 кільометрів.

На тій основі маємо право сказати, що наш місяць має постать приблизно кулисту, з незначним сплощеннєм на обидвох бігунах і рівно ж незначним видовженнем в сторону землі.

Знаючи довжину проміру місяця, можемо легко обчислити його обвід, себто довжи-

ну рівника або південника, бо вони майже однаково довгі. Отже, тямлячи, що в кождім колї обвід є 3·14 разів більший від проміру, обчислюємо, що обвід місяця виносить кругло: 1,092.720 km, значить, він виносить майже $^{3}/_{11}$ довжини рівника землї.

Так само, знаючи довжину проміру, легко обчислити його поверхню; вона виносить приблизно 38 міліонів квадратних кільометрів, отже $^{2}/_{27}$ поверхні нашої землї.

Додаймо до сього, що обєм місяця виносить пятьдесяту частину обєму нашої землї, значить приблизно 21.664,100.000 km^3, а приблизний тягар його, очислений на основі його рухів, доходить майже до $74^{1}/_{2}$ трілїонів кільоґрамів, а будемо могли собі зобразити, якою великою кулею є товариш нашої землї.

Із обчисленого тягару місяця виходить, що його питомий тягар виносить тільки 3·44, значить, він значно лекший від нашої землї, якої питомий тягар, як знаємо, виносить приблизно 5·2. Яка ж може бути причина сієї прояви? Одні вчені здогадують ся, що місяць не має у свойому нутрі такого тяжкого ядра, як його має наша земля, инші вчені думають, що товариш нашої землї у свойому нутрі має повно щілин, дір та печер, так що він наскрізь дірчатий, мов губка, а через те й відповідно до своєї величини лекший від своєї товаришки; як опісля будемо бачити, обидва згадані погляди дуже правдоподібні, так що згадані здогади треба приймати як причину незвичайної легкости сього матеріялу, з якого збудований наш місяць.

У звязку з розмірами й масою стоїть сила

притягання даного всесвітнього тіла: вона пропорціональна до маси, а відворотно пропорціональна до квадрату проміня. Знаємо вже, що маса місяця є $^1/_{81}$ частиною маси землї, а його промінь чотири рази менший від проміня землї, то з сього можна обчислити, що місяць на своїй поверхні притягає всї тіла майже шість разів слабше, як наша земля, отже один кільоґрам важить на місяці тільки 165 ґрамів...

Оттак, не маючи спромоги дістати ся на місяць, ми самим тільки обчисленнєм можемо довідувати ся, які обставини панують на його поверхнї. І се теж один із тріюмфів сучасної науки!

⊙ ⊙ ⊙

2. Віддаленнє місяця від нашої землї.

Питаннє, як далеко від нас до місяця, від віків не дає спокою вдумливим людям. Вже старі Халдейці й Єгиптяни займали ся тим питаннєм, але щойно відомий александрийський астроном Птольомей у свойому Альмаґестї полишив нам докладнїщі дані, на які могла спромогти ся тодїшня наука. Птольомей обчислював віддаленнє місяця на підставі величини кута, під яким видно в Александрії місяць у повні, коли він стоїть по самій серединї неба. На основі сього кута він обчислював, що згадане віддаленнє 60 разів більше від проміня землї, і на диво — се обчисленнє дуже зближене до тих, які подає нинїшня наука, хоч вона розпоряджає далеко більш видосконаленими приладами й способами, як тодїшня.

Нинїшня наука має ріжні способи для обчислення згаданого віддалення: або обчислюєть ся так звану „параляксу“ місяця, себто, під яким кутом було б видно з місяця промінь нашої землї, або обчислюєть ся на основі законів загального тяготїння, як далеко мусить бути віддалений місяць від землї, щоби він міг окружити землю у відомім нам часї. Не будемо задержувати ся довше над тією справою, скажемо тільки загально, що згадане віддаленнє змінюєть ся від 356.000 km до 407.000 km, а пересїчно виносить 384.750 km, значить, справдї майже $^1/_{60}$ частину проміня нашої землї (докладно: $^1/_{60\ 225}$). Найновіщі обчислення, на основі порівнання величини тїни нашої землї підчас затьміння місяця з дїйсною величиною нашої землї, дали рівно ж такий самий вислїд, так що справдї приходить ся подивляти бистроту ума давнїх учених, які дуже простими способами доходили часто до пізнання правди.

3. Дещо про світло місяця.

Місяць є для нас не тільки окрасою нашого нічного зоряного неба, але й могутнїм жерелом світла. Правда, місяць не світить так сильно як сонце, бо треба аж 570.000 місяченьків ясних у повні, щоби заступили нам одно-однїсеньке сонце; а коли б ми стільки місяців поклали тїсно один при одному, що вони закрили б цїлком цїлу півкулю нашого неба, то всї тоті місяцї дали б нам ледви одну шесту частину того світла,

яке дістаємо від нашого сонця; а все ж таки коли б ми бажали наш місяць у повні заступити звіздами, то мусїли би покласти на небі 65.000 найяснїщих звізд.

Щоби собі сю силу світла зобразити докладнїще, порівняймо її з тим світлом, якого вживаємо звичайно на землї. Тут на нашій землї ми користуємо ся ріжними способами освітлення: свічками, нафтовими лямпами, світильним ґазом і електрикою. Кожне з тих жерел світла може бути більше або менше сильне, але мірою сили світла вважаємо силу світла одної „нормальної“ свічки.

Отже відповідними приладами, так званими „фотометрами“, виміреио, що освітленне, яке дає нам місяць у повні, має таку силу, як світло одної нормальної свічки у віддаленню від нас на 207 cm. При такому світлї можна дуже добре бачити більші предмети, пізнати черти знакомих людий, а навіть читати великий грубий друк, але оцеї книжечки вже не прочитаємо. Се тому так, бо місяць далеко, а поверхня землї велика. Все ж таки сила всього світла, яке висилає місяць, дуже значна. Так обчислено, що, коли б ми хотїли наш місяць у повні заступити нормальними свічками, треба би для сього покласти на місцї місяця 350 тисяч білїонів таких нормальних свічок.

Чому ж світло місяця таке слабе в порівнанню зі світлом нашого сонця?

По перше задля сього, що місяць не світить своїм власним світлом, але позиченим від сонця. Поверхня місяця цїлком не яснїща від поверхнї нашої землї, а світить він через

те, що соняшне світло, яке паде на нього, відбиваєть ся від його поверхні, мов від зеркала і доходить аж до нашої землї. Так само відбиваєть ся соняшне світло і від поверхні нашої землї; і вона світила б нам подібно як місяць, коли б ми могли на неї дивити ся так само здалека. А таким яскравим і золотистим видаєть ся нам місяць через те, що ми бачимо його посеред темної ночі. Зробім довгу цївку з чорного паперу, та подивім ся через сю чорну цївку на освітлену сонцем поверхню голої сухої землї, найлїпше на звичайний сїрий камінь, а переконаємо ся, що сей клаптик землї, який ми будемо бачити через згадану чорну цївку, буде здавати ся нам не менше ясним, як місяць у повні.

Розуміє ть ся, коли би місяць відбивав від своєї поверхнї все те світло, яке паде на нього від сонця, тодї він світив би так як сонце осліпливим блеском; коли ж так не є, то видно, що місяць не відсилає до нас усього світла, яке дістає від сонця. І справдї, обчислено, що місяць відбиває тільки 12% соняшного світла, а 88% соняшного світла задержує в себе.

Се зветь ся в астрономії „білість" або „альбедо" всесвітнього тіла; отже альбедо місяця виносить 0·12. Таке альбедо мають на нашій землї: звичайний сїрий камінь, пісковик або сїрий вапняк, та суха сива земля, і се вказувало б на те, що з такого ж матеріялу й збудована правдоподібно поверхня нашого місяця.

Розумієть ся, що місяць збудований з дуже ріжнородного матеріялу. Вже голим

оком бачимо темніщі й ясніщі місця, які дуже ріжнять ся силою світла. Далековидами можна пізнати, що деякі місця є, здаєть ся, цілком білі мов сніг, инші знову цілком темні, а докладні поміри виказали, що найясніщі місця є 170 разів ясніщими від найтемніщих. Крім сього видно, що деякі місця мають підбарвок зеленавий, инші червонавий, а знов инші бураво-жовтий; одначе на основі сього годі щонебудь певного сказати про той матеріял, із якого утворений товариш нашої землї.

Враз із проміннями світла пересилає нам місяць також і тепло. Сього тепла доходить до нас дуже мало, так що багато людий навіть думає, наче місяць не гріє, а холодить нашу землю. Таке загально розширене переконаннє походить мабуть із того, що місяць найгарніще світить у холодні й морозні ночі, коли повітрє мало має водної пари й через те чисто та гарно проводить промінї світла.

Ся незначна скількість тепла, яка доходить до нас із місяця, даєть ся також виміріти, особливо при помочи незвичайно чутких термо-електричних приладів і так званих „больометрів“. Отже з помірів показуєть ся, що скількість тепла, яку дістаємо від місяця, є 185.000 разів менша від тої, яку дістаємо від сонця, а вартість тієї скількости тепла дасть ся оцінити з оцього обчислення: тепло, яке приносять соняшні промінї, що падуть простовисно на один квадратний центиметер, може піднести температуру 2·5 ґрамів води на 1° С. Щоби осягнути такий самий вислід теплом місяця, треба зібрати промінї місяця, що освітлюють 18·5 квадратних метрів.

Поміри тепла місяця в часї його затьміння вказують на се, що поверхня місяця стигне незвичайно швидко з хвилею, коли сонце перестане її огрівати; з того видно, що місяць не має атмосфери, яка хоронила б його від швидкого остигання.

Недостачу атмосфери на місяцї потверджує рівно ж незвичайна різкість „термінатора", себто границї між освітленою й неосвітленою частиною його поверхнї, а також і ся обставина, що промінї звізд, які переходять побіч нього, цїлком не дізнають нїякого заломання, затемнення або якої иншої перешкоди.

4. Зміни місяця.

Оттак наш місяць світить світлом не своїм, а позиченим від сонця, і через те його світло таке лагідне й холодне. Сонце освітлює все одну цїлу половину місяця. Коли ж ми бачимо, що ясним блеском сяє не цїла поверхня місяця, а тільки її частинка, то се знак, що місяць звернений до нас не цїлою освітленою стороною, а тільки її частиною. Пригляньмо ся близче тим змінам.

Зачнїм на приклад від повнї. Тодї місяць сходить якраз рівночасно з заходом сонця, а посеред неба стоїть саме о півночі, та цїлий повнолиций, мов світляний кружок, сяє ясним світлом. Значить, коли місяць у повнї, тодї стоїть він якраз по противнїй сторонї землї як сонце, і задля сього сонце освітлює саме сю цїлу половину місяця, що звернена до нас.

Та вже на другий день сходить місяць майже три чверти години пізнїще, видно, що він не стояв на одному місцї, а посунув ся на стільки з заходу на схід, що наша земля обертала ся аж три чверти години дальше, заки ми могли його побачити. Оттак що дня сходить місяць приблизно на три чверти години пізнїще, значить, без упину рівномірно посуваєть ся з заходу на схід.

Рівночасно з тим бачимо, що ясна, світяча поверхня місяця починає з правого боку чим раз то більше зменшувати ся, за те появляєть ся та збільшуєть ся з цього ж боку неосвітлена частина його поверхнї. Можна би думати, що місяць відвертає від нас свій освітлений бік, а звертає чим раз то більше инший, неосвітлений. Одначе се не може бути, бо підчас сього бачимо, що ясні й темні плями на поверхнї місяця не змінюють ся й остають на своїх місцях неповорушно: отже місяць звернений до нас все одною й тою самою стороною, а тільки сонце не все її цїлу освітлює.

Як же ж се можливе? Та ж сонце не рухаєть ся з місця, а місяць круглий мов куля, і задля сього сонце мусить освітлювати цїлу одну його половину!

Справдї, на місяцї все одна половина поверхнї освітлена сонцем і через те ясна, а друга половина неосвітлена і через те темна. Коли ж мимо сього на половинї, що постійно до нас звернена, освітлена частина зменшуєть ся, то се можна пояснити тільки тим, що місяць, посуваючись із заходу на схід, уставляєть ся супроти нашої землї

так, що звертає до нас чим раз меншу частину своєї освітленої половини, а чим раз більшу частину неосвітленої. Видно, що сонце світить на місяць чим раз більше з лївого, східного боку. А що сонце не рухаєть ся з місця, то видно, що се власне місяць посуваєть ся все далї й далї і свою сторону поверхнї, звернену до нас, відвертає чим раз то більше від сонця.

Семої ночі після повнї сходить місяць уже саме о півночі, значить, земля робить уже цїлу четвертину свойого обороту, заким ми його побачимо. Видно, що місяць, посуваючись заєдно з заходу на схід, не віддалив ся від землї, а тільки відбув четвертину дороги довкола неї. В той час на місяцї освітлена тільки лїва половина поверхнї, а цїла права неосвітлена й темна, значить — ми бачимо тільки половину освітленої його поверхнї через те, бо місяць станув супроти сонця власне так, що воно освітлює його якраз із лївого боку.

Опісля сходить місяць усе що дня так само чим раз пізнїще, усе чим раз близче ранку, а освітлена його частина зменшуєть ся все далї й далї та прибирає вигляд чим раз вузчого серпа, зверненого рогами до правої сторони. Майже два тижні після повнї, місяць сходить уже разом із сонцем, так що наступної ночі ми зовсїм не будемо могли його бачити, бо він у тому часї є по другій сторонї землї враз із сонцем.

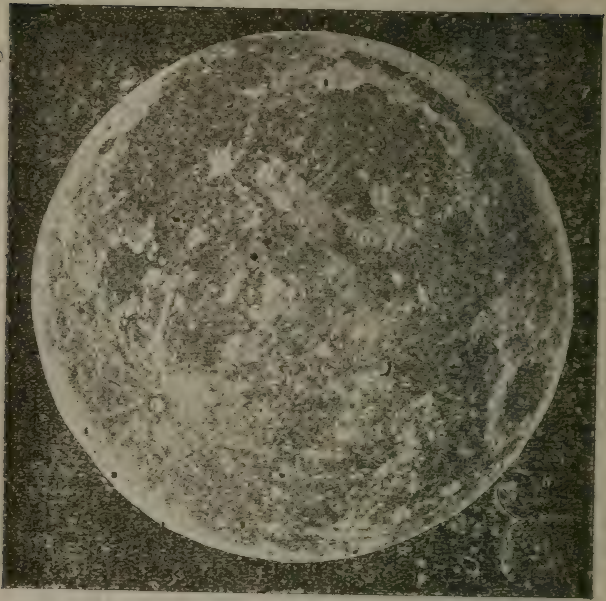
Оттак місяць перейшов уже половину дороги довкола землї, станув між землею і сонцем, через те сонце освітлює його з заду, а цїла сторона, звернена до нас, темна.

І коли б сонце не світило таким осліпливим блеском, ми бачили б, як наш місяць у виді темного кружка стоїть близько сонця і враз із ним пересуваєть ся по небі зі сходу на захід. Від того дня місяць немов то обновлюєть ся, і задля сього звуть його „новом“. І так другого дня зійде місяць уже три чверти години по сході сонця: коли сонце зайде, він буде ще на небі, та потребувати ме ще майже годину часу, щоби дійти до овиду. Підчас сього він присвічує нам у виді вузенького серпика, зверненого рогами на ліво, видно, що, пересуваючись із заходу на схід довкола землї, уставив ся він так супроти сонця, що воно починає освічувати його вже з правої сторони.

Сходячи відтак усе що раз пізнїще, світить нам місяць кожний раз довше на небі, а освітлена частина його поверхнї все постійно збільшуєть ся, так що третього тижня після повнї він сходить уже в саме полудне, а заходить о півночі і має освітлену вже цїлу праву половину своєї поверхнї. Тодї стоїть він супроти землї якраз у противному положенню, як перед двома тижнями.

Дальше сходить місяць усе що раз пізнїще в день і своїм видом наближуєть ся все більше до повнї, так що по 27-и днях він знову сходить разом із заходом сонця, значить, стоїть напроти сонця і світить, повнолиций, через цїлу ніч. (Обр. 6.)

Із сього бачимо, що наш місяць кружить довкола нашої землї, та що на один такий обіг потребує приблизно 29 діб; точно беручи: 29 діб, 12 годин, 44 мінути і 2·9 секунди.



Обр. 6. Місяць у повні, огляданий через добру театральну льорнету.

Сей час від одної до другої повні називаєть ся звичайним або „синодийним“ місяцем. У дійсности, щоб окружити землю, місяць потребує менше часу: коли б земля стояла на одному місці і не рухала ся, тоді повні наступали б по собі по 27-и днях — точно беручи, по 27-и днях, 7-и годинах, 43-х мінутах і 11·5 секундах. Одначе тимчасом земля у свойому обігові довкола сонця посуваєть ся дальше, і через те, коли місяць верне назад

на те місце, на якому він був, коли була остання повня, він ще не стоїть у такому самому положенню і мусить гонити ще майже дві доби, заки остаточно стане напроти сонця і засяє цілий повним блеском... Сей час, потрібний на цілковитий обіг довкола землї, називаєть ся звіздяним або „сидерийним“ місяцем.

У старовину, коли люди ділили справдї час після змін місяця, точне означеннє часу тривання місяців: синодийного й сидерийного, було питаннем незвичайної ваги, але в нинїшнїх часах се не представляє для нас у буденьному життю великої вартости: назва „місяць“ означує сьогодня у нас 12-ту частину року, без огляду на те, коли припадають справдїшнї зміни місяця, а час тривання сих змін цїкавить нас тільки з наукового боку.

Оттак повстають відомі нам зміни місяця наслїдком сього, що місяць кружить довкола землї і через те що раз иншою стороною наставляєть ся супроти сонця. Коли ж кому трудно зрозуміти наш повищий опис, нехай доконче зробить ось такий досвід:

Покладїм високо посеред стола якенебудь ясне світло, от добру лямпу, або кілька гарних свічок, нехай се представляє нам наше сонце; відтак возьмім яку кулю: велике яблоко, або помаранчу, проведїм наскрізь через сю кулю дріт, або патичок, наче б то вісь, і держачи сю вісь просто в руках, піднесїм згадану кулю вище голови та обертаймо ся враз із кулею поволеньки довкола себе. Тодї побачимо, що сторона кулї, звернена до нас, наслїдує цїлком зміни місяця. Ще гарнїще вдаєть ся досвід, коли згадану кулю буде хто

другий поволеньки обносити кругом нас, а ми будемо трохи скоріще обертати ся рівночасно довкола себе; за кожний раз, як будемо мати кулю перед собою, пригляньмо ся добре, як виглядає освітлена її частина.

Коли підчас такого досвіду будемо вважати, щоби куля була все звернена до нас одною і тією самою сторонсю, яку для вигоди можна в якийнебудь спосіб відзначити, тоді заразом зрозуміємо, що згадана куля в часі одного обороту довкола нашої голови, буде мусіла рівночасно обернути ся раз довкола своєї оси. Коли би кому трудно було се зрозуміти, нехай зробить ще простіщий досвід: Нарисуймо крейдою на столі колову черточку, а в самому осередку сього кола покладім помаранчу; помаранча — се буде наша земля, а колова черточка — се дорога нашого місяця довкола землі; зробивши се, покладім на згадану черточку мале яблоко, але доконечно з одного боку румяне, і посуваймо се яблоко по згаданій черточці, але так, щоби воно все було своїм румяним личком звернене до помаранчі так, як місяць усе одною стороною звернений до нашої землі. Коли се будемо робити, то вмить завважаємо, що, посуваючи яблочко по його коловій дорозі. будемо мусїли його все повертати в сторону помаранчі, так що за сей час, заки воно верне на місце, звідки ми почали його посувати, воно обернеть ся раз довкола себе.

Те саме дієть ся з нашим місяцем: через те, що він кружить довкола землї, а при тім звернений усе одною стороною до неї, мусить він рівночасно обертати ся довкола

себе, наче б був настромлений на якій оси. На такий оборот довкола своєї оси потребує місяць стільки ж часу, що й на обіг довкола землі, себто приблизно 29 діб.

Та не забуваймо, що наша земля кружить довкола сонця; місяць, невідступний товариш землі, товаришить її так само в сїй подорожі, а через те наш місяць не тільки обертаєть ся довкола своєї оси та оббігає довкола землі, але враз із землею ще й кружить довкола нашого сонця.

Одначе пригляньмо ся ще трохи близче згаданим змінам, або — як кажуть в астрономії — „фазам" місяця, щоби на будуче уникнути тих похибок, у які попадають люди, що мають очі, а не бачать, дивлять ся, а не видять.

Із попереднього бачимо, що „зростаючий" місяць, після нову, видно все тільки на західній стороні неба, його освітлений серп є, розумієть ся, вигнений у сторону заходячого сонця, значить, має вид відверненої букву С, себто ☽; отже місяць у другій кватирі, себто в першій півповні, має вид латинської букви D. „Малїючий" або „меншаючий" місяць сходить чим раз то близче сходу сонця, через те його видно все на східній стороні неба, а його освітлена частина в виді серпа вигнена до сходу; отже третя кватиря, або друга півповня, має вид відверненої латинської букви D, себто ᗡ, що відтак швидко переходить у вид серпа або букви С.

Дивно, що навіть знатні малярі часто не звертають уваги на таку буденню річ і малюють нераз на вечірньому краєвиді місяць „малїючий" у виді серпа, зігненого на право (С),

а на ранньому краєвиді, досвіта, представляють на східній стороні неба, і то в виді серпа вигненого на ліво (ↄ).

Правда, хто не розуміє добре причин змін місяця, тому тяжко затямити таку дрібничку, але такі люди повинні тямити, що вже давні Римляни звернули на се увагу й задля сього казали про місяць: luna mendax, називали його наче б то баламутом, бо має постать усе противну до початкових букв тих слів, які означують його стан: коли він зростає — Crescit — має вид ↄ, коли ж маліє — Decrescit — має вид C. На полудневій півкулї, в полудневій Африці або Австралії, місяць займає супроти сонця якраз противне положеннє, і тут його стать годить ся зі згаданими латинськими словами.

У підзворотникових околицях, близь рівника, де місяць і сонце пересувають ся понад головами, здовж ріжнолежника, там зростаючий місяць має вид ◡, маліючий вид ◠, через те у східних народів, на пр. в арабських поезіях, місяць порівнюєть ся з човном, а не з серпом.

Так, думаємо, справа змін місяця вже доволї пояснена, тому й перейдім до инших проявів, які спостерігаємо на сьому товаришеві нашої землї.

5. Ще дещо про рухи місяця.

Ось так, як бачимо, наш місяць кружить довкола нашої землї, а враз із нею довкола сонця. Нема в сьому нїчого незрозумілого. Коли їдемо у просторому возї залїзницї, то

можемо посеред долівки покласти нашу шапку і ходити кругом неї все в рівному віддаленню, а рівночасно з тим, коли поїзд буде в руху, ми враз із шапкою будемо гонити швидко вперед. Знаємо вже також, що сей товариш нашої землї, в часї згаданого круження звернений усе одною стороною до своєї товаришки подорожі і мусить через те обертати ся довкола себе. Вісь сього обороту більш або менше рівнобіжна до оси землї та майже простовисна до еклїптики, себто до тієї дороги, по якій земля кружить довкола сонця, бо кут, який згадана вісь творить із еклїптикою, виносить 88° 29'. До дороги, по якій місяць кружить довкола землї, похилена ся вісь трохи більше, бо під кутом 83° 20'; наслїдком сього рівник місяця нахилений до еклїптики під кутом 1° 31', а до дороги місяця під кутом 6° 40'.

Як можна надїяти ся, місяць старає ся по змозї достосувати ся до тих дуже зложених танцюристих рухів нашої землї, про які ми вже говорили вище, одначе се в нього не виходить так дуже складно, як у його товаришки: його вісь повертає ся також заєдно стіжковатим рухом довкола оси еклїптики, значить наслїдує рух прецисийний, тільки що триває він значно коротше, як у нашої землї, бо лише кругло 18·6 лїт, так що вже в протягу такого короткого часу вирівнують ся у місяця ті ріжниці між обидвома його півкулями, північною й полудневою, які є наслїдком скісного уставлення його оси до сонця.

Та крім сього місяць ще й повертає ся поволи і не дуже значно то вправо, то вліво, з заходу на схід, і противно, то похи-

тує ся з півночі до полудня і назад. Се хитанне називають „лібрацією“ (Libratio). Бачить ся — старий когарлюга похитує своєю лисою головою та дозволяє нам приглянутись ліпше раз правій, раз лівій стороні облича, то знову заглянути на чуба, або підглянути підборіддє. Завдяки сьому ми маємо спромогу пізнати близче більш як половину, бо аж $^3/_5$ цілої його поверхні.

І дорога, по якій наш місяченько танцює довкола землї, дуже дивоглядна: привяжім яблоко на ниточцї і сею ниточкою тягнім його по столї, а рівночасно стараймо ся все рисувати крейдою на столї довкруги сього яблока колову черточку, то побачимо, що яблоко буде все втїкати перед нами, і задля сього не нарисуємо кола, тільки неправильну лїнію, з більш або менше виразними петлями. Чим скоріще будемо пересувати яблоко, тим менше виразними ставати муть петлї, а коли сей рух доволї зросте, тодї наша крейда замісць кол або петлиць начертає хвилясту лїнію. Така й є дорога нашого місяця, причім, наслїдком дїлання сонця, вона дізнає ще багато додаткових змін.

Найновіщі дослїди виказали ще більш тїсну звязь між землею і місяцем. Показуєть ся, що обидва сї всесвітнї тїла кружать довкола сонця так, наче б вони творили одну цїлість; дорога, по якій, як кажемо, кружить земля довкола сонця, не переходить через осередок землї, а через осібний осередок тяготи, спільний для землї й місяця. З огляду на те, що маса землї є 81·5 разів більша від маси місяця, згаданий спільний осередок тяготи лежить в $\frac{1}{81 \cdot 5}$ частинї віддалення осередків

обидвох згаданих тіл, отже в віддаленню $\frac{384.000}{81·5}$, т. є приблизно 4.700 кільометрів від осередка землї. Отже згаданий осередок лежить ще в нутрі нашої землї, і то в віддаленню майже $^3/_4$ проміня землї, числячи від осередка, і сей осередок тяготи лежить саме на дорозї, по якій земля враз із місяцем кружить довкола сонця. Довкола оси, яка переходить через сю точку, обертають ся земля й місяць довкола себе, независимо від усїх инших рухів. Задля сього астрономія вважає землю й місяць так званою подвійною звіздою, про що ще нераз будемо мати спромогу розказувати.

Затьміннє місяця.

В половині V. століття перед Христом в гордій столиці грецької культури, в Атенах, стала ся незвичайна подія: З далекої подорожі по східних краях вернув фільозоф і вчений математик Метон та, не відпочавши добре по трудах і пригодах далекої подорожі, почав проповідувати на міському майданї дивну новину!

А проповідував він про чарівний золотий круг божих днів, про те, що 19 соняшних років обнимають у собі рівно 235 повних змін богинї Селени, себто місяця, та що через те по 19-ти лїтах повні місяця припадають у ті самі днї року. Метон говорив ясно і просто, відкликував ся до памяти присутних старців, що тямили чотири або й пять разів по 19 лїт, і вони признавали йому слушність, а він до-

казував, що так мусїло бути, так є все, і так мусить бути все — по всї часи. І слухали сеї нової науки всї Атенцї, і старі й молоді, і вчені й невчені, навіть фільозофи і священики, слухали й дивували ся. Загально всї були переконані, що се богиня мудрости Атена нашептала йому у снї таку мудрість; вольнодумні казали, що се новий Прометей видер знову полумя знання заздрим богам, тільки всезнайки-софісти голосно говорили, що про сю метонську новину знали давні Халдейцї та Єгиптяни вже 500 літ перед тим, а були й такі, що впевнювали, наче б то ген далеко за Індами живе якийсь жовтий народ, який знає сю штуку вже майже від 2000 літ. Одначе всї згоджували ся, що „золотий круг“, або „золоте число“ Метона має незвичайну вартість для докладного обчислення часу, а через те й цїлого публичного життя культурних Єлинів. І справдї, згаданим способом ми ще й до сьогодня послугуємо ся при укладанню календарів, задля обчислення часу великодних свят, знак, що старі Греки вповнї розуміли вагу згаданого відкриття.

Та грецьким ученим вдало ся небавом відкрити, що подібно правильно повторяють ся також і затьміння місяця, та почали наперед предсказувати час, коли має наступити ся незвичайна поява. Се була теж подія незвичайної ваги. Затьміннє місяця, ся дивна подія, що повнолиций місяць у повнї нагло на очах людий малїє, або й цїлком зникає, а відтак назад появляєть ся, — викликувала у старинних народів та викликує ще й сьогодня у некультурних народів здивованнє й переляк. Зви-

чайно пояснюєть ся ця проява в той спосіб, що се якась нечиста й лиха сила перемагає місяць і нищить, або просто зїдає його, а в таких випадках треба благати богів, щоби побороли нечисту силу та привернули людям се преважне світило ночі. У деяких диких народів ще й до сьогодня є звичай, що підчас затьміння місяця страшним криком і галасом проганяєть ся нечисту силу, яка хоче знищити місяць.

Є певні відомости, що штуку такого пророкування знали вже й старі Халдейці, Єгиптяни та Китайці на півтора тисячки літ перед Метоном, бо в тих краях здавна перед сподїзаним затьміннєм місяця священство уладжувало публичні святочні молебнї, щоби ублагати в богів щасливого переходу сієї страшної прояви.

Штука сього пророкування у згаданих старинних народів основувала ся на спостереженню, що затьміння місяця повторяють ся докладно в періодах, обіймаючих 18 літ і 10 днів. Знаючи, які й коли були затьміння у протягу одної такої періоди, маємо проте спромогу наперед обчислити точно час і постать кожного будучого затьміння, і то з точністю до одної або двох годин.

Сьогодня ми знаємо добре причину сеї дивної прояви та її правильности: сонце, освічуючи землю, кидає поза нею тїнь, яка тягнеть ся далеко у всесвітньому просторі і переходить далеко поза дорогу, по якій місяць окружує землю; коли ж місяць переходить через сю тїнь, вона його закриває і він затемнюєть ся.

З того бачимо, що затьміннє місяця може бути тільки в часї повнї, бо лиш тодї він може подибати тїнь землї, коли стане в рівній лїнїї напроти землї й сонця.

Виходило б, що затьміннє місяця повинно бути кожної повнї, одначе, як знаємо, не так воно є. Затьміння бувають значно рідше: знак, що місяць звичайно переходить вище або низче згаданої тїни, минає її, тому й се затьміннє не може повстати. Причиною того є ся обставина, що, як ми вже згадували, дорога місяця не лежить на тій самій поверхнї, що екліптика, але трохи до неї наклонена, і то, як знаємо, під кутом майже 5^0.

Уявім собі, що ми десь із якоїсь далекої звізди дивимо ся на сонце, землю і місяць, та бачимо з тої віддалї також екліптику й дорогу, по якій місяць кружить довкола землї немов начертані в усесвітньому просторі якоюсь невидимою рукою. Тодї побачили б ми, що щомісячна дорога товариша нашої землї, перетинає два рази екліптику, і сї місця називаємо „вузлами". На кожний місяць припадає два такі вузли, перший називаємо „вступним", а другий „виступним". В половинї дороги поміж вузлами осередок місяця стоїть понад екліптикою на 33.000 кільометрів, себто майже $^1/_{12}$ частину його віддалення від землї, в вузлах осередок місяця переходить через екліптику. І так перед нами стоїть питаннє: коли тїнь землї може зустрінути місяць? Знаємо, що сонце значно більше від нашої землї, через те постать тїни землї має вид стіжка. У віддаленню місяця згадана тїнь має промір кругло на 10.000 кільометрів, а що осередок тїни

лежить усе на поверхні екліптики, то з сього бачимо, що в тому місці, де переходить тінь через дорогу землї, вона сягає тільки на 5.000 кільометрів понад екліптику і під нею. З того бачимо, що місяць може тільки тодї увійти в тінь нашої землї, коли підчас повні віддаленнє його від екліптики не переходить 5.000 km. Се може бути тільки тодї, коли місяць находить ся близько вузлів. Наслїдком дуже зложеного руху нашого місяця вище згадані випадки бувають тільки два рази до року, і длятого затьміння місяця появляють ся постійно що шість місяців. Виходило б, що затьміння місяця повинні появляти ся два рази до року, все в тих самих днях. Одначе наслїдком притягання сонця положеннє вузлів постійно пересуваєть ся, і то в напрямі відворотному до руху землї, так що кожний вузол доконує цїлковитий оборот по небесному склепінню у протягу 18 лїт і 7 місяців. У протягу сього часу затьміння пересувають ся через усї місяці року, при чім виступають вони що року пересїчно на 19 днїв скоріще, як попереднього року.

Отгак пори затьміння місяця повторяють ся періодично що 18 лїт і 7 місяців, і се з досвіду знали вже давнї халдейські вчені та називали сей період „сарос". Від Халдейців довідали ся про сарос грецькі вчені, і в той спосіб уже славний фільозоф Талес предсказував затьміння здивованим Грекам.

Приглядаючи ся уважно затьміннюю місяця, бачимо, що насамперед східний беріг місяця починає темнїти; се знак, що місяць входить уже в півтінь, яка окружає довкола

властиву „глуху“ тінь; по хвилї одначе місяць покриваєть ся властивою тїню, цїлком або тільки в части, залежно від сього, чи затьміннє повне чи тільки частинне, себто, чи цїлий місяць переходить через тінь, чи може тїнь захоплює тільки його меншу або більшу частинку. Коли ж місяць уже ввійде в тїнь і затемнить ся, зауважуємо, що затемнену частину видно досить добре, так наче б вона світила слабим темно-червонавим блеском. Се особливе освітленнє затемненої частини місяця походить від соняшних промінів, які відбивають ся від землї, а червонаве се відбите світло задля сього, що атмосфера землї задержує проміні зелені й синї, а відбиває переважно червоні так само, як се дїєть ся при сході або заході сонця.

Буває часами, хоч дуже рідко, що місяць сходить саме в хвилї затьміння. Тодї бачимо дуже дивну прояву: на східній сторонї неба місяць сходить уже затемнений, а по противній, західній сторонї неба, сонце при своїм заході сяє ще в повному блеску. Сеї прояви ніяким способом не могли, було, зрозуміти давні, старинні й середневічні, вчені. Сьогодня знаємо вже добре, що се є наслїдком заломання світла, яке дозволяє нам бачити місяць і сонце, хоч вони в дійсности є під овидом.

Затьміннє місяця триває досить довго; в сьому місцї, де дорога місяця перетинає екліптику, тїнь місяця є 2·6 разів ширша від проміру місяця. Щоби перейти через таку широку тїнь, потребує місяць при повному затьміннюю 3 год. й 43 мін., з чого приблизно

1. год. 45 мін. припадає на цілковите закриттє місяця тіню. Частинні затьміння тривають відповідно коротше.

Повні затьміння бувають досить рідко; і так припадають найблизчі повні затьміння місяця:

1924. р. 14. серпня,	через	1	год.	40	мін.
1927. р. 8. грудня,	„	1	„	24	„
1931. р. 2. квітня,	„	1	„	34	„
1931. р. 26. падолиста		1	„	20	„

Доживемо — так побачимо!

⊙ ⊙ ⊙

7. Поверхня місяця.

Місяць у повні нагадує нам мимоволї обличе товстенького, вдоволеного чоловічка: темні й ясні плями, які на його поверхні видно голим оком, виглядають мов вивисшення й заглиблення на людському лиці, і нам видаєть ся, наче б то там можна відріжнити очі, ніс і лице. Се, як знаємо, й дало підставу до безлїчі прегарних вірувань і леґенд, які находимо в усіх народів, та якими на жаль тут не маємо часу займати ся. Одначе вже Пітаґорейці були переконані, що місяць не є обличем бога, анї чарівним світилом, а тільки такою кулєю, як наша земля, при чім ясні плями вважали горами, а темні їх тінию, і такий погляд був відтак досить поширений у старинних образованих Греків. Одначе голим оком годї було щонебудь доглянути на поверхні місяця, і хоч погляд про кулисту стать нашого місяця поширював ся загально що раз більше, його поверхня остала ся й на дальше через довгі віки невідомою,

немов заклятою, країною, до якої ніяк не могло доглянути слабосильне людське око. Щойно винахід чарівних далековидних приладів розяснив людям очі та розкрив перед ними сю закляту країну. Вже звичайними добрими театральними й пільними люнетками можна бачити, що ясні плями на поверхні місяця — се високорівні, немов просторі суходоли, а темні пятна — се якісь просторі заглибини, неначе моря. Звичайними астрономічними далековидами видно дуже виразно гори й долини, яри й вали, і вчені кидають ся з жаром пізнавати сю закляту країну і швидко збудовуєть ся осібна наука, „селєноґрафія“, рідна сестриця нашої ґеоґрафії.

Вже в перших роках після винайдення люнет, 1609-го року, рисують карти місяця Ґалілеї, Ляґалля (Lagalla) і Шайнер (Scheiner), а славний астроном і посадник міста Ґданьска, Гевель (Hevel), 1647-го року пише свою „Селєноґрафію“, в якій охрещує найважнїщі „суші“ й „моря“ та подає перші цїлком можливі карти місяця. Відтак богато астрономів займаєть ся дослїдами вигляду поверхні місяця. Вони рисують особливі карти, на яких зазначують усе докладнїще й що раз гарнїще всякі подробиці. До найгарнїщих таких студій, які є основою нинїшнього знання поверхнї нашого місяця, належить оці твори:

Перш за все прегарна праця анґлїйських інжінєрів і астрономів Несміта (Nasmyth) і Карпентера (Carpenter): „Місяць, як планета, світ і товариш землї“, видана в 1876-тому роцї, з мистецькими картами, зладженими на основі фотоґрафій докладних моделів, зроблених ни-

Обр. 7. Місяць у півповні, огляданий далековидом.
(Фотографія паризької обсерваторії.)

ми ж самими. Так само гарні карти, видані берлїнською академією наук 1878 р., парижською астрономічною обсерваторією, бельгійським астрономічним товариством та астрономічними обсерваторіями: Єркеса (Yerkes) коло Чикаго й у Відні, що вийшли в останнїх лїтах минулого столїття. До найновіщих належать карти, видані обсерваторією Гарварда 1903-го року, на основі дослїдів астронома Пікерінґа (Pickering) та його фотоґрафій, знятих особливо приладженим, 41 m довгим телескопом, а вкінці карти передчасно померщого астронома Кріґера (Krieger), видані у Відні 1912 р.

Який же ж вислїд усїх тих гарних дослїдів?

Справдї, показуєть ся, що темні плями на поверхнї місяця, се просторі заглубини, а не моря; морів на місяцї таки нема, хоч назви остали ся ще з тих часів, коли люди думали инакше. Ось так на східнїй сторонї місяця бачимо на північнїй півкулї велику заглубину: Бурливий Океан (Oceanus Procellarum), побіч нього на півночі: Дощеве Море (Mare Imbrum), а ще дальше Холодне Море (M. Frigoris), а на полуднї Хмарне Море (M. Nubium) і Вогке Море (M. Humorum). На західній сторонї, близько Дощевого Моря бачимо мале Лагідне Море (M. Serenitatis), між ними мале Парне Море (M. Vaporum), на полудне від нього Спокійне Море (M. Tranquilitatis) і M. Рішень (M. Crisium), а ще дальше на південь Моря: Плідне (M. Foecunditatis) і Солодке (M. Nectaris). При лїбрацийних рухах заглядають до нас зі сходу: Східне Море (M. Orientale),

а з заходу: М. Гумбольта (M. Humboldti), Прибережне (M. Marginis). Сміса (Smythi) й Австральське (M. Australe). Менші плями називаємо заливами, озерами й багнами, та такими подробицями годі нам уже займати ся.

Скрізь на морях і на суші бачимо вивисшення й заглубини, а що найважнїще, таки справжнї гори. Сї останнї розсїяні густо скрізь по цїлій поверхнї місяця, але виступають часом також більшими гнїздами, або й довгими ланцюхами.

До найважнїщих ланцюхових гір належать: перш за все Карпати, що творять полудневo-східний беріг Дощевого моря, та найбільш могутнїми є Апенїни, що творять полудневo-західний беріг згаданого моря, а також Кавказ, при західному, й Альпи, на північному березї згаданого моря. Крім сього належать сюди ще гори Сарматські, між морями Спокійним і Ріпень, Тавр, на північ від останнїх, та багато менших, на які ми вже не можемо звертати уваги.

Довжину тих ланцюхів гір і величину занятої ними поверхнї легко обчислити, знаючи довжину проміру місяця; труднїще вже докладно означити висоту гір. До сього маємо головно два способи: перший основуєть ся на вимірюванню віддалення даної гори від так званого „термінатора“, себто границї між освітленою й неосвітленою частиною місяця, в тій хвилї, коли освітлений тільки самий вершок даної гори. Чим дальше те віддаленнє, тим і гора мусить бути вища, а знаючи основи триґонометрії, легко обчислити жадану висоту. Таким способом обчислював уже вели-

кий Ґалілеї висоту гір на місяці, і сї поміри до сьогодня мають свою вартість.

Другий спосіб обчислення висоти гір місяця основуєть ся на вимірюванню довжини тіни, яку кидають сї гори, коли сонце освітлює їх із боку. В той спосіб обчислюємо висоту наших дерев та инших високих предметів, і через те він загально звісний. Инші способи дуже зложені та вимагають знання вищої математики.

На основі таких помірів показуєть ся що наймогутнїщі гори, Апенїни, тягнуть ся на більш як 400 кільометрів довжини, займають 12.000 km² поверхнї, а їх вершки, яких є звиш 3.000, доходять пересїчно до 4.000 m над окружаючий позем. Поодинокі вершки, розуміється, значно вищі, а найвищий вершок Гейхенса (Huygens) високий на 5.500 m. Найвищий вершок місяцевих Альп, Монблян (Montblanc) високий на 3.600 m, а найвищим уважаєть ся один вершок у горах Ляйбніца, якого висота має доходити до 9.000 m.

Говорячи про висоту гір на місяці, не треба забувати, що на ньому нема моря, і через те висоту означуєть ся виставаннєм понад окружаючий позем, який знову може бути вище або низче положений. Задля того, коли порівнуємо висоту гір на нашій землї з висотою гір на місяці, то годило б ся числити висоту наших гір від сусїдного морського дна, через те наші найвищі гори дійшли б до 18.000 метрів висоти. З другого боку треба узгляднювати й сю обставину, що місяць своїм обємом 50 разів менший від землї, тому й гори на місяці „повинні“ бути

стільки ж разів менші від наших. Коли ж вони ледви на половину низчі від наших, то їх треба вважати велитнями супроти місяця.

Останніми часами вчені „селенольоґи“ Франц (Franz) і Майнка (Mainka) пробували на основі дуже богатого помірового й фотоґрафічного матеріялу обчислити нівеляцийним способом пересічну висоту всіх більших гір цілої поверхні місяця. З тих обчислень показуєть ся, що північна півкуля занята переважно великими заглибинами, а полуднева визначними високорівнями. Найнизче положені: Бурливий Океан і Дощеве Море, пересічна їх глибина — 2.400 m; найвище положена середна полоса південної півкулї, довкола Хмарного Моря, аж по Море Спокійне, де пересічна висота виносить 1.200 m понад пересічну уровень.

Одначе згаданих ланцюхових гір на місяцї мало, а цїла його поверхня засїяна иншими горами, які надають їй особливого вигляду. Се так звані „кратери“, що справдї дуже нагадують кратери наших вульканів. Є се перстенисті вали, що підносять ся високо понад поверхню та окружають більш або менше широку заглубину в видї круглої долини. Зверхні стіни такого кратеру легко спадисті, звичайно під кутом 7°, внутрішнї стіни спадають стрімко в діл, звичайно під кутом 25°. По серединї кратера бачимо один або більше малих стіжків. Величина кратерів дуже ріжнородна: починаючи від малесеньких, з проміром ледви кількох сот метрів, аж до велитнів, з проміром около 250 km, в якчх днї помістили би ся неодні краї або держави нашої

землї, бачимо найріжнороднїщі й постепенні переходи. Висота найвищих валів доходить до 4.000 метрів понад позем дна. А засипана ними цїла поверхня місяця так, що виглядає, наче б була густо подїравлена, як обличе віспова-того чоловіка. Замітна річ, що найбільші велитні-кратери бачимо в полудневo-східній четвертині поверхнї місяця, там находять ся „кратери“ Річолї (Riccioli) і Шілєр (Schiller), що мають промір по 190 кільометрів, Шікард (Schikard) з проміром 220 km, Клявій (Clavius), широкий на 240 km. і велитень Ґрімальді (Grimaldi) з проміром 250 km.

Кромі згаданих гір бачимо ще на поверхнї місяця багато долин, ярів, ровів, щілин та борізд, із яких деякі досягають значної довжини й ширини. Та найбільш загадочними творами місяця є так звані „ясні смуги“, які мов білі проміні розходять ся з деяких кратерів Найгарнїщим таким промінистим кратером є Тіхо (Tycho), що лежить у половині дороги між полудневим бігуном і Хмарним Морем. Має він сотню ясних білих смуг, що розходять ся промінисто на всї сторони, а з тих 10 такі великі, що деякі з них доходять аж до рівника. Згадані проміні сього кратера такі виразисті, що, хто має бистрий зір, може їх бачити навіть голим оком. Другим таким замітним промінистим кратером є Коперник (Copernicus), крім сього Кеплєр, Прокль, Стевін і майже сотня инших. Що се таке ті згадані проміні, до сьогодня ще не розяснено. Загально думають, що се щілини, виповнені якоюсь сціпенїлою, ясною лявою, або може, як думає Франц, якоюсь особливою мате-

рією, яку він називає „альбінсм“, утвореною з дрібних, може навіть безбарвних кристаликів, які наслідком розсіювання світла видають ся нам білими мов сніг. На жаль ми не знаємо тут нічого певного.

Певна річ, що на нашому місяці є багато ще ріжних подробиць, про які ми цілком нічого не знаємо; наймогутнійшими далековидами на ньому не можна вже доглянути тіл, яких промір менший як 30 метрів, і задля сього можемо надіяти ся, що винахід сильнійших телескопів принесе нам певно ще неодну цікаву несподіванку.

⊙ ⊙ ⊙

8. Наша подорож до місяця.

Було се десятого року після воскресення самостійної України. На терасі першої української астрономічної обсерваторії на Чорногорі зібрало ся невеличке, а веселе товариство: гурток професорів львівського українського університету та членів Наукового Товариства ім. Шевченка у Львові, які припадком зїхали ся тут, бажаючи відпочати по цілорічній науковій праці.

Була чарівна погода, небо синє, як мрія — вгорі, а могучі хребти чорногорського гніздища, мов велитенські хвилі зачарованого, закамянілого зеленого моря, — вдолині, і безумовна тишина, додавали святочного настрою й навівали задуму й тугу за безконечністю й вічністю...

Мовчанку перервав говірливий професор української новітньої літератури Г. „От, пане директор, я й забув, що приніс Вам маленький

подаруночок“... „Ага, певно щось зі старих горищ“, перервав жартобливий ґеоґраф Р. „Так, так“, відповів призвичаєний, видно, до такого тону українїст Г. „Шукаючи на горищі між старими паперами, у мого шурина, що довгі літа бував в Америцї, я знайшов оцю брошурку та от приніс Вам, може придасть ся до Вашої біблїотеки“. „Що ж се таке?“ питає астроном і читає півголосом: „Ґрейт астрономікол діскаверіс лейтлі мейд ет дзе кейп оф Ґуд Говп бай Джон Гершель“. (Great astronomical discoveries lately made at the cape of Good Hope by I. Herschel). „Великі астрономічні відкриття, яких доконав колись Гершель на розї Доброї Надїї!“ „Що ж се за чудо?“ закликав професор української поезії і сам поет, Щ. „Ах, дуже дякую, дуже вдячний, пане професор“, каже астроном, „у нас придасть ся й така книжечка; се пишна сатира відомого Нїколета (Nicollet), що появила ся анонїмно в Ню-Йорку, ще 1836 р., в якій він оповідає, наче б то Гершель, який у своїх працях подає тільки сухі математичні формулки й числа, в дїйсности зробив дуже цїкаві відкриття, які оце зраджує його давний помічник. Говорить, нїби Гершель злучив велитенський телєскоп із мікроскопом та в той спосіб, розслїджуючи місяць у страшенних побільшеннях, доглянув на ньому справжні живі істоти, якісь крилаті сотворіння, які цїлими стадами гуляють мирно й весело по лугах і полонинах нашого місяченька... Шкода, що вже вечеріє і я мушу йти до своєї роботи, але, панове, будьте ласкаві потрудити ся ще до мене завтра рано, або пополуднї, а прочитаємо разом сю знамениту

сатиру, і ручу панам, що будемо мати прекрасну забаву“. „От гляньте, вже майже сто літ минуло від появи сієї сатири, а вона ще й до сьогодня актуальна“ сказав поважно природник Я. „І кілько ще таємниць криє перед нами наш найблизчий сусід, який що ночі кпить собі з усїх наших зусиль, розслїдити докладно його таємне обличе“. „Ну, бачите, я в сьому разї оптиміст, і менї здаєть ся, що науцї вже незабаром удасть ся здемаскувати сього чарівника наших зоряних ночий“ промовив астроном. „Розуміє ть ся, удосконаленнєм телєскопів. І під тим оглядом правда безумовно по сторонї Ніколєта. Коли ми сьогодня можемо доглянути на місяцї предмети з проміром на 50 метрів, то, пристосовуючи сильнїщі скла й зеркала, дійдемо певно до того, що зможемо доглянути предмети величини собаки, або й ще меншї“. „Щодо сього ми певно ще дуже далеко від остаточної непереступної границї“ відповів природник, і загальне притакуваннє було доказом, що всї згоджують ся з його поглядом. „Так, се правда“, сказав молодий астроном, „одначе независимо від сього менї здаєть ся, що наука колись дасть можність людям особисто зложити візиту шановному товаришеві нашої землї“.

„Але ж нї, нї, се неможливе, се мрія, се утопія!“ загуло нараз цїле товариство. „Ви, пане директор“, закликав ґеоґраф, сам добрий знавець астрономії, „певно хочете так, як Барбікан Юлїя Верна (Jules Verne) у знаменитій „Подорожі довкола місяця“, збудувати нову канону — Кольомбіяду, наладувати її 180 тонами стрільничої бавовни, і влїзши у вигідно

уладжене стрільно, дати себе висадити на місяць. Одначе я з вами не всяду до такого „вагону“; адже, щоби доїхати до місяця, треба, щоби стрільно гонило зі скорістю 11.000 кільометрів на секунду, а при такій шаленій скорости ваше стрільно не переїде навіть нашої атмосфери, бо наслїдком тертя об повітрє воно загрієть ся до температури щонайменше 5.000° C, спалахне мов метеор ясним полумям і враз зі своїми відважними пасажирами замінить ся в ґаз, який тільки непотрібно занечистить наше чарівне українське повітря“.

Всї щиро засміяли ся, а коли трохи втихомирило ся, промовив професор фізики К. „Ну, можна би приняти, що вдасть ся винайти якийсь матеріял, який був би опірний на діланнє такої високої температури, та не слїд забувати, що страшна сила вибуху й опору повітря спричинила б таке могутнє тисненнє на стрільно, що в його нутрі тягар усїх тїл збільшив би ся приблизно 30.000 разів, значить — наш стоґрамовий капелюшок важив би там 3.000 кільоґрамів і певно роздавив би нам голову своїм тягарем, поминаючи, що наслїдком загального тиснення повітря ми би знайшли ся в положенню цитрини стисненої могутньою прасою“. „Шкода того олїю, що в голові! Нї, я таки не сяду до такого авта!“ докинув ґеоґраф і товариство знову вибухнуло сердечним сміхом. „А який пламенний вірш ушкварив би наш поет у такому тисненню і в такій температурі!“ закликав хтось із гурту. „А не забудьте у гарних дочок Селєни замовити собі добру перину, щоби не дуже потовкти ся, впавши на місяць!“ докинув хтось

инший — і так веселі дотепи та щирий сміх лунав довго по полонинах гордої Говерлї.

Коли втихомирило ся, промовив мовчаливий Др. Ц., професор хемії і знаменитий дослідник радіоактивних мінералів, яких значні скількости відкрив він у наших Карпатах. „Справдї, я вже давно так сердечно не сміяв ся, але мушу нашого директора взяти в оборону, бо почуваю ся співвинуватим тих його поглядів. Саме вчера зрадив я йому одну тайну дотично моїх найновіщих дослїдів, а з них власне виходить, що незабаром правдоподібно перед нами отворить ся можливість дістати ся цїлком безпечно на місяць, і коли панове товариші позволять, то я коротенько розкажу, в чім дїло“.

Всї відразу споважнїли і здивовано поглянули на себе, бо знали, що славний хемік незвичайно обережний у своїх наукових висновках і гіпотезах. По хвилинцї мовчанки всї кинули ся до нашого хеміка з горячою просьбою, відкрити і їм негайно сю дивну та неймовірну тайну. Сей не дав себе довго просити та почав своє „обявленнє“.

„Як панам відомо, я від кількох літ досліджую радіоактивні мінерали, які в досить значних скількостях найдено в наших Карпатах. Основуючись на дослїдах Бекереля, Кюрі, Склодовської та других, я через так зване „фракціонованнє“ дістаю з них значні скількости відомого вам і так дуже загадочного „раду“. Всї панове добре знаєте, що ся загадочна материя висилає з себе постійно проміннє особливого світла й тепла, виділюючи при сьому якусь до тепер непрослїджену субстанцію, що її любимо називати „еманацією“. Отже се все було

до сьогодня відоме, а я поклав собі за завданнє, розяснити близче власне сю так звану еманацію. Здаєть ся менї, що я вже на дорозї, яка веде до розвязки тієї таємниці, але про се розкажу товаришам иншим разом; тепер скажу тільки, що менї вдало ся виділити із тієї еманації особливу дивну субстанцію, яка невтралїзує силу загального тяготіння. Нам удало ся обчислити, що один ґрам оцієї чарівної субстанції, яку ми назвали „антиґравітом“, зневтралїзує тягар одної тони, значить, легке авто з нами всіми, стративши при помочі сього „антиґравіту“, увесь свій тягар, мов корок понад воду, піднесеть ся понад атмосферу нашої землї. Думаю, що в той спосіб буде можливо людям видістати ся поза землю. Одначе діставшись поза атмосферу, ми перейдемо в усесвітні безмежні простори, виповнені всесвітнїм етером, мало що лекшим від антиґравіту і — тут уже кінчить ся чарівна сила нашої науки. Переходимо в область нашого товариша директора-астронома і через те ми мусїли зрадити йому нашу тайну та просити нього дальшої поради й помочі. Отже нехай наш директор зараз сам розкаже нам як слїд, що він про се думає“.

Очі всїх звернули ся в сторону молодого директора обсерваторії, який негайно забрав голос. „Коли ви, пане професоре, звільняєте мене від обовязку зберігати повірену менї тайну, то я позволю собі зрадити також свою таємницю та пояснити коротко високоповажаним панам свою ідею. Вчера пан професор Ц. був так ласкавий втаємничити мене у своє епохальне відкриттє антиґравіту та в основи

способів, якими він думає уможливити людям при помочі цієї таємної субстанції дістати ся аж до границь нашої атмосфери. Не можу входити тут у подробиці, зазначу тільки, що зі становища сучасної фізики й математики сим величавим ідеям нашого знаменитого вченого нічого не можна закинути. Коли ж оце пан професор звернув ся до мене з предложеннєм розвязки питання, в який спосіб можна би відтак від границь нашої атмосфери порушати ся в бажаному напрямку посеред усесвітнього простору, то моє завданнє далеко скромнїще й простїще. Найважнїще завданнє зроблене: знайдено спосіб знищити силу загального тяготїння; отже все дальше є супроти сього справдї дїточою забавкою.

Я основую ся на ідеях дуже давних: Вже славний Кеплєр 1618-го року звернув на це увагу, що хвости комет відвернені від сонця, і пояснював собі сю прояву тим, що сонце своїми промінями викидує малесенькі світляні тїльця, які, вдяряючи об хвіст комети, відхилюють його в противну сторону від сонця. Сей погляд Кеплєра був дуже дотепний; одначе його не можна було погодити зі всемогутнїм законом загального тяготїння, що його значно пізнїще, бо аж 1686-го року відкрив ґенїяльний Нютон, і через те пішов у забуттє. Щойно відомий Ойлєр (Euler) 1746-го року висловив здогад, що хвилї світла викликують натиск на поверхню освітлених тїл, а що сей погляд оправданий, доказав знаменитий Мексвел (Maxwell) своєю теорією про природу електричности, обявленою в 1746-му році. Він доказав, що сила сього натиску рівна скіль-

кости енерґії, яку одержує через промінюваннє кожна одиниця даного обєму. Наш земляк Лебедів та американці Ніколс (Nichols) 1900 і Гал (Hull) в 1901-му році виказали досвідно силу сього натиску й переконали ся, що погляди Мексвеля вповні оправдані. Все ж таки мимо великого значіння, яке мав Мексвел у науковому світі, ніхто з астрономів не звернув на сю справу належної уваги. Аж 1900-го року всіми нами так улюблений шведський учений Аренїюс (Svante Arrhenius), виказав, що сила того тиснення соняшних промінів виносить 2·75 mg на кожний 1 cm². Я не буду панів нудити новіщими обчисленнями Шварцшільда (Schwarzschild), Рельмана (Raehlmann) й Гайдукова, скажу тільки коротко, до чого я дійшов, роздумуючи над оцим питаннєм від учорашнього дня.

Отже після моїх обчислень, будуючи наш повіз, яким ми могли би заїхати на місяць, і всї потрібні прилади, з легенького алюміну, можна би довести до того, що цїла наукова виправа не важила би більше як 1000 кільоґрамів; значить, при помочі одного ґрама антиґравіту наш шановний професор зневтралїзує цїлий отой тягар так, що тягар цїлої наукової виправи зрівнаєть ся майже з тягарем усесвітнього етеру. Наслїдком сього та виправа, на основі закона Архімеда, мусить підняти ся аж до границь нашої атмосфери. Отже треба тільки виїхати понад землю в часї повні, а проміні сонця, ударяючи об освітлену поверхню нашої повозки будуть мусїли посувати її в сторону місяця. Приймаючи, що згаданий повіз нашої виправи буде 3 метри

довгий, а 2 високий і широкий, отже, що поверхня виставлена на діланнє промінів сонця виносити ме 60.000 cm², то сила, з якою натискати ме соняшне проміннє на повозку виправи, буде виносити кругло 165 кільоґрамів. По мойому приблизному обчисленню виходить, що така сила вистане, щоб нашу виправу порушити зі скорістю 1.000 метрів на секунду, а при такій скорости можна би заїхати до місяця протягом майже 100 годин. Думаю, що при помочі відповідних широких крил, які збільшать насвітлену поверхню, можна буде осягнути ще більшу скорість, а при помочі відповідних темних заслон, які спиняти муть світло, зменшити скорість до зера, і в той спосіб управильнювати, а навіть кермувати згаданими рухами так, що під тим оглядом справа не представляє ніякої трудности.

Далеко труднїще буде розвязати питаннє, в який спосіб доставити потрібного кисня, без якого віддиханнє учасників виправи немислиме, та запевнити для них тисненнє одної атмосфери, до якого так пристосований наш орґанізм, що безумовно не може без нього жити. Очевидно, ми мусимо забрати з собою потрібний запас згущеного повітря і придумати для членів виправи особливу одіж, яка уможливила би свобідний рух посеред тих цілком відмінних обставин. Так само треба подбати про достаточний запас води. Бо перш за все ми мусимо бути приготовані на те, що на місяці нема цілком повітря, анї води. Незвичайно ріський „термінатор“, повна недостача заломання промінів, що переходять попри нього від звізд, хвилево ним прислонених, се все доказує, що

наш місяць не має ніякої атмосфери. Се потягає за собою особливі наслідки: на пр. небо там не голубе, як наше, так само нема там ніяких хмар; небо там чорне як смола, як страшна безмежна і бездонна пропасть. Нема там сумерку, ні свитання, ні нашого чарівного золотисто-крівавого зарева при сході й заході сонця, бо всї ті убарвлення походять від заломання й розщіплення промінів світла в дрібнесеньких краплиночках водної пари й від дрібнесенького пилку, яким переповнена наша атмосфера. Як дивовижно мусять там виглядати посеред тієї глухої пітьми блискуче сонце й яркі звізди, які видно навіть серед того чорного дня, як тільки прислонити хоч би лише рукою те сліпуче світило нашого дня. Справді було би дуже пожаданим уможливити трохи довший побут нашим людським істотам на тій особливій земельцї, безводній і безвоздушній, щоби можна як слід розслідити всї наслідки тієї недостачі, і я переконаний, що при ласкавому співуділї такого знаменитого хеміка, як професор Ц., нам певно вдасть ся вдоволяючо розвязати се питаннє.

Далеко труднїще зарадити сьому, що наслідком згаданої недостачі атмосфери, води та вогкости мусять там панувати просто неймовірні ріжницї температури. Дослїди знатока в обсягу сього питання Вері (Very) вказують, що, скоро тільки проміннє сонця дiткнеть ся поверхнї місяця, вона огріваєть ся швидко до високої температури, яка в місцях, де те проміннє паде простовисно, доходить до $+ 184^0$ C; як же ж тільки денебудь згадане проміннє не доходить, так там у тій хвилї температура

обнижуєть ся, доходячи навіть до — 200° С. Значить, ріжниця температури на місяці доходить до 400° С, а пересїчна температура до + 97° С; до таких обставин наш орґанїзм цїлком непристосований. Можливо, що нам удасть ся зарадити сьому, застосовуючи асбестову одїж, а може доведеть ся шукати за яким матеріялом, невразливим на дїланнє соняшних промінїв. У всякому разї ся справа буде для нас найтвердшим горіхом. Недостача атмосфери потягає за собою ще й третїй наслїдок, з яким нам треба буде числити ся. Де нема повітря, нема звукових хвиль, там не чутно нїякого голосу. Місяць — се країна гробової тишини. Надармо кричали б ми громовим голосом до вуха свойого товариша, бо навіть як би коло нього вибухнула бомба або могутнїй вулькан, він нїчогісенько не почує. Одначе тим ми не журимо ся: маленькі й зручні кишеневі телєфони, які так гарно виробляє наш унїверситетський механїк, заступлять нам уповнї сю недостачу і не дадуть нам цїлком її відчувати.

Треба одначе признати, що місяць має деякі прикмети корисні для людий, а до таких належить перед усїм його незвичайно мала сила притягання: на місяці всї тїла шість разів лекші, як на нашій землї, а через те мязи нашого тїла, призвичаєні до поконування значних тягарів, дуже легко виконувати муть свою працю. Подумаймо тільки, що 60-кільоґрамовий чоловік важить на місяці тільки 10 кільоґрамів; як же ж легенько буде людям там ходити навіть по найвищих горах, як легко й високо можна там перескочити через якінебудь перешкоди! Коли ж ми легко поко-

13*

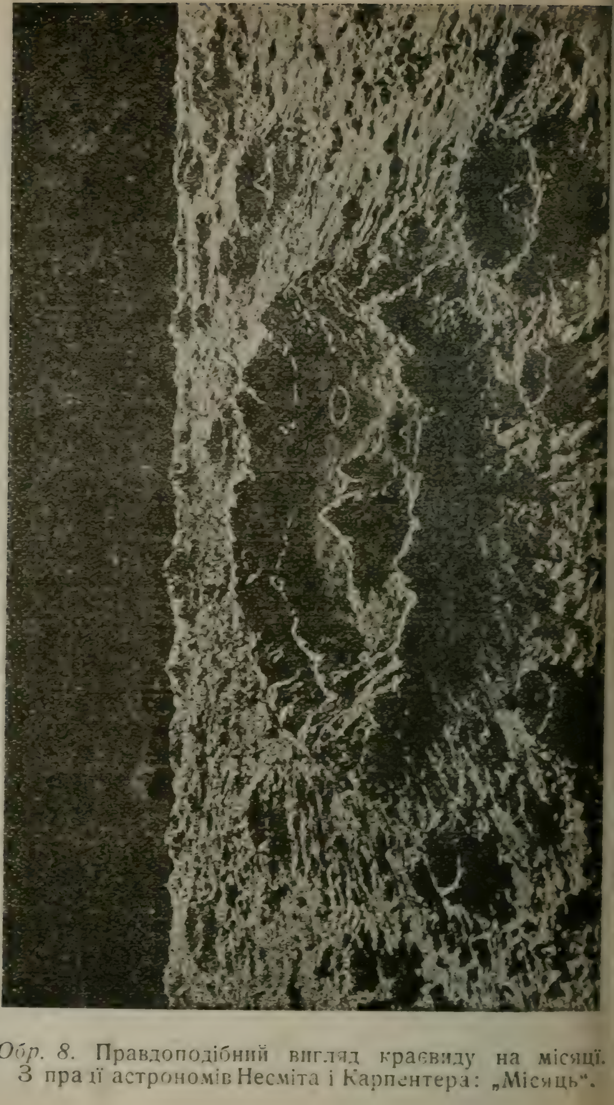
нуємо працю, тоді й настрій у нас стає веселий, от тому можемо надіяти ся, що побут на місяці належати ме для нас до найприємніщих хвиль нашого життя.

Такий веселий настрій дуже пожаданий для тих, що приїдуть у гості до нашого місяченька, бо поза тим там, здаєть ся, не дуже весело! Адже ж там нема ніяких живих істот. Недостача кисня й води виключає істнуваннє животин; а в додатку пересічна висока температура, яка доходить до температури кипіння води і вповні вистає, щоби зварити всяку білковину та знищити через те всякий слід життя, унеможливлюють істнуваннє живих сотворінь, бодай так устроєних, як ми їх бачимо на землї. Очевидно, не думаємо випереджувати випадків. Ми знаємо, що живі сотворіння нашої землї здібні пристосовувати ся до всяких найріжнороднїщих життєвих обставин: адже риби дихають у воді киснем 4.000 разів більше розрідженим, як ті сотворіння, що дихають повітрєм, а не виключене, що на місяці є слїди повітря з киснем у такому власне розрідженню; адже ми знаємо, що багато родів звірят і ростин, які завмирають у часї великих морозів або великих спек, знов оживають, коли поверне відповідна для них температура. Теоретично беручи, не виключене також, що періодичні зміни сполук вугля, які на нашій землї є основою проявів життя, можуть бути заступлені такими змінами якогось иншого спорідненого первня, приміром крему (Silicium); отже на місяці можуть істнувати якісь невідомі нам твори, в дечому подібні до наших живих істот, але таких ростин, звірят

і людий, що їх бачимо тут на наш й землї, на місяцї рішучо нема. От тому, коли Ґруйтгуйзен (Gruithuisen 1821 р.) запевняв, що бачить на м сяцї кр.пости, якими тамошні люди боронять ся перед ворогами, або коли Ніколет говорить про крилатих мешканців місяця, то те все треба вважати витвором буйної уяви, яка з наукою не має нічого спільного.

Зате для ґеоґрафа й ґеольоґа місяць представляє справжнїй рай. Кругом дикі, у нас незнані постаті гір, заглибин, ярів і щілин, а все наге, незакрите нїякою ростинністю, у своймому первісному виглядї, незнищене і незмінене проявами окиснення, вітрення та дїлання води. Мов пишні квіти искрять ся левади, вкриті величавими кристалами, що лишають ся у своїх первісних, від часу свойого повстання незмінених красках, а все те чисте, мов у перший хвилинї свойого сотворення, неприкрите нїяким пилом або піском, нїяким намулом, рінею або глиною, бо вода й повітре не мали спромоги змінити первісного вигляду поверхнї. (Обр. 8.)

Сьогоднї ми вже знаємо напевно, що наш місяченько се, так би сказати, син-одинак нашої землї. Був же час, коли наша земля була гарячою ґазово-плинною кулею; тодї наслїдком нерівномірного розложення мас і дїлання могутньої відосередної сили, що повстала через оборот цїлої кулї довкола її оси, відлїлила ся пятьдесята частина цїлої маси і так... народив ся наш місяць. Як славний наш ґеольоґ, професор Р., може потвердити, стало ся се, по загальнїй думцї вчених, правдоподібно в околицї нашого Тихого океану, бо тільки тим способом можна вдоволяючо вияснити дивне



Обр. 8. Правдоподібний вигляд краєвиду на місяці. З праці астрономів Несміта і Карпентера: „Місяць“.

розложеннє суходолів і великих заглибин-морів на поверхні нашої землі. У всякому разі се певне, що мати-землиця силою свойого могутнього притягання забрала свойому одинакові всю атмосферу, все повітрє і всю водну пару, що тоді вже окружали спільну первісну кулю, і так пустила його в зимний усесвітній простір цілком нагого та без ніякої обгортки. Викинений могутньою відосередною силою наш одиначок летів доти, доки сила сього його розгону не зрівноважила ся з тією силою притягання, з якою мати-землиця все ж таки старала ся задержати його при собі. Се зрівноваженнє сил наступило у віддаленню 380.000 кільометрів, і в сьому власне віддаленню наш місяченько, раз уведений в рух, мусить заєдно кружити довкола своєї матері-землиці, звернений до неї все тією самою стороною, якою від неї відірвав ся. Оттак властиво наш місяць творить ураз із землею одну нерозривну цілість: се властиво так звана подвійна звізда, яка обертаєть ся довкола спільної оси і по дорозі, що переходить через спільний осередок тяготи, кружить довкола сонця.

Такий погляд на повстаннє нашого місяця пояснює багато його особливих прикмет. Відірвавшись від зверхніх легких мас землї, він не має у свойому нутрі тих тяжких металів, які виповнюють осередок нашої землї, і тим пояснюєть ся його незвичайна легкість. Утворений переважно з первісної ґранїтної маси, він швидко заціпенів у абсолютно зимному всесвітньому просторі; останки внутрішнїх ґазів добули ся швидко на верх, утворюючи численні кратерообразні утвори, але й вони

швидко улетіли в безмежний усесвітній простір, переважно назад до землї, не могучи вдержати ся при місяцї задля його незначної сили притягання. І так наш місяченько, зціпенївши, заєдно однаковий і незмінний, споглядає на нас мов заклятий зразок первісного вигляду нашої землї. Задля сього ґеольоґам дуже придало би ся відбути маленьку наукову проґульку на місяць.

Але неменше займава була б вона і для астрономів. Певна річ, що на чорному місячному небі знайшли б ми всї відомі нам звізди так само розміщені, як на нашому небі, бо віддаленнє між землею і місяцем у порівнанню до віддалення звізд таке незначне, що се не може мати впливу на вигляд зоряного неба. Одначе наслїдком недостачі атмосфери всї звізди, від овиду до зенїту, виступають однаково різько та не миготять так, як наші зірки. В додатку позірний рух звізд на місяцевому небі 30 разів повільнїщий, як на нашому, бо місяць тільки разів повільнїще обертаєть ся довкола своєї оси. Розумієть ся, що те все дуже пособляє астрономічним дослїдам. Що правда, доба на місяцї триває майже 30 наших днів, значить, день і ніч тривають там приблизно по два тижнї, одначе тим ми не потребували б журити ся, будучи на місяцї, бо там у кожній тїни непроглядна, темна ніч, з чого можна все скористати, кілько разів захотїло б ся нам покріпити ся нічним сном.

Особливий вид мешканцям місяця мусить представляти наша земля. Видаєть ся вона тим істотам $13^1/_2$ разів більшим кружком, як нам наш місяць у повні, і хоча світить певно

лагідним мрачним світлом, то все ж таки ізза своєї величини так сильно освітлює поверхню місяця, що неосвітлену сонцем частину місяця ми можемо бачити дуже добре, у ясні погідні ночі. Посеред місяцевого неба стоїть наша земля все майже на одному місці, похитуючись тільки незначно в ріжні сторони, відповідно до рухів місяця. Ясніщі плями на ній дозволяють розпізнати добре її суші але наслідком обороту землї ті плями постійно пересувають ся, повертаючи що 24 наших годин на свої місця; отгак 30 разів на місяцеву добу зміняє земля своє обличе. В додатку на нашій землї виступають подібні зміни, які ми бачимо на місяцї, тільки що у відворотному порядку: коли на місяцї повня, тодї у землї нів, а коли на місяцї нів тодї земля в повнї. На жаль для мешканців місяця наша земля заслонена найчастїще густими хмарами; виступають вони на поверхні землї в видї ясних, білавих смуг, які пересувають ся в ріжних напрямках, в деяких околицях навіть дуже правильно, і тільки часом, коли в деяких місцях хмари розсунуть ся, можна бачити з місяця неясні черти суходолів і морів. Коли на землї повітре чисте, то дуже можливо, що з місяця видно тодї на неосвітлених частинах навіть блеск великих електрично освітлених міст, зарево вибухаючих вульканів, а може навіть полумя сильних пожарів у видї ясних світляних точок. Велика земля дуже часто заслонює собою 13 разів меньше сонце, і через те на місяцї затьміння сонця бувають дуже часто, за те, задля малої тіни місяця, затьміння землї виступають на місяцї дуже рідко й незамітно.

Загалом на місяці відкриваєть ся для астронома цілком новий світ, а досліди астрономічні там тим лекші й принаднїщі, що з боку атмосфери нема там ніяких перешкод.

Як панове бачать, научна подорож до місяця розяснила би багато непевностий і сумнїв та принесла би неоцїнені здобутки для науки. А що з наукового погляду така подорож являєть ся вповні можлива, тож думаю, що ми можемо сміло приступити до переведення її в діло. А тепер, користаючи з гарної погоди й чарівної повні, запрошую панів професорів поглянути на місяць через наш знаменитий рефрактор, якого не повстидала би ся астрономічна обсерваторія в Ґрінїч або в Чікаґо."

Директор скінчив, а довгі й гарячі оплески були нагородою за його гарний, займавий, а так несподіваний виклад. Усї підняли ся з місць і подали ся до обсерваторийної вежі, де величавий телескоп ждав уже наладжений молодим асистентом. А з обсерваторийної вежі ще до пізна в ночі розносили ся гамірні розговори: видно, вели ся гарячі наради та йшла виміна думок. І справдї два днї опісля ми читали в усїх українських щоденниках ось таку замітну новинку:

Новий тріюмф української науки. Гурток українських учених, зібраний при нагодї лїтних ферій на Чорногорі, рішив, за почином директора тамошньої астрономічної обсерваторії, уладити научну подорож до місяця. Якнебудь ся звістка звучить дуже фантастично й супроти багатьох фантазій на сю тему навіть неправдоподібно, то все таки можемо

запевнити шановних читачів, що справа приладжуєть ся цілком поважно та в строго научний спосіб. Основують ся ті приготовання на найновіщих дуже важних відкриттях наших учених: хеміка Ц. й астронома Н. Зі зрозумілих причин сї відкриття поки що мусять держати ся в тайнї, зазначуємо тільки, що вони уможливлять те, що до сьогодня вважало ся недосяжною мрією: безпечну й вигідну подорож на місяць. Учасники подорожі повезуть із собою також і радіо-телеграф, уліпшений нашим славним фізиком, професором К., і при його помочі всї українські часописи будуть мати спромогу подавати своїм читачам докладні звідомлення з цілої подорожі. Славним нашим ученим гаряче бажаємо як найліпших успіхів у приготованнях і задуманій подорожі, на славу української і вселюдської науки!

V.

Сонце — Дажбог.

Зима в самому верху своеї сили й свойого панування: вся земля вкрита грубою верствою снїгу, всї води заковані грубими кригами леду, заморожене життє завмерло, навіть сонце, блїде й холодне, пересуваєть ся, мов залякане, низенько понад овидом і швидко ховаєть ся за могутнїми горами снїгу, а землю вкриває довга, глуха, зимова ніч...

Тільки в низеньких, засипаних снїгом, хатинках українського села рух і метушня, бо сьогодня Святий Вечір, і — хоч время люте — всї обходять його по старосвітському, прадїдному звичаю. І коли тільки сонце зайде та на темному небі заморгають перші ясні зіроньки, всї засїдають до традицийної святої вечері... Певно вона не така багата, як за давнїх добрих часів, але борщ, пампушки й кутя мусять бути, бо так велить звичай. А як тільки скінчить ся вечеря, то за вікнами, прикрашеними снїговими цвітами, чути веселий рух і метушню, жвавий тупіт ніг і скрипіт снїгу, а з молодих, сильних грудий розлягаєть ся тужлива пісня:

Чи є, чи нема господар дома?
Славен єси сам милий Господь на небеси!
Стоїть же, стоїть нова світлонька,
А в тій світлонцї тисовий столик.

При тім столику три гості сидять,
Три гості сидять, три товариші:
Один товариш ясне Сонічко,
Другий товариш та Місяченько,
Третий товариш та дробен Дощик.
Сонце же мовить: „Нема над мене,
Як же я зійду в неділю рано,
Огрію ж бо я гори й долини,
Гори й долини, поля й дуброви,
Морози спадуть, а роси стануть“.
Славен єси сам милий Господь на небеси...

Давно вже відійшли колядники і Свят-вечір давно вже проминув, але ся пісня заєдно звенить нам в ухах; бо дише вона чаром предвічної старовини й ворушить у нашій душі культурою приголомшені й давно приспані почування, одідичені по наших прастарих предках... Та ж оця пісня співалась так само ще тоді, коли старі Пра-Русичі ходили в звірячій шкурі та камяними топорами вбивали медведя, а кремяними стрілками полювали на всяку дичину. Ті прастарі наші предки знали добре й розуміли, що сонце є всемогучим жерелом світла, тепла й життя, і покланялись йому, тому всемогучому Дажд-Богові, та називали його своїм добродієм і батьком. А коли зима найбільше лютувала сніговіями й морозами, коли вона, здавало ся, поконала вже цілком Дажбога—сонце, тоді наші предки добре знали, що сонце таки переможе, що воно почне піднімати ся все вище й вище та світити все довше й сильніще, аж укінці поконає люту зиму, огріє землю й розбудить її до нового життя. І саме в середині зими, коли ночі найкоротші, святкували вони

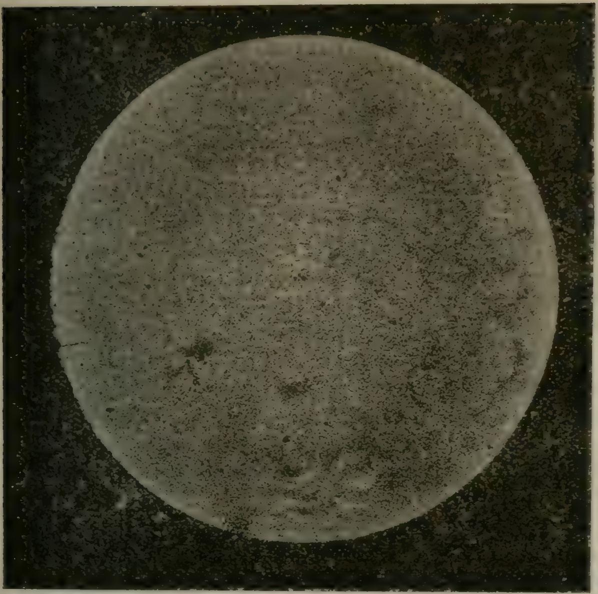
свято народин непобідимого Дажбога—сонця та співали йому похвальні пісні.

І не тільки вони одні! Старинні Халдейці, Єгиптяни, Греки й Римляни та іранські народи покланяли ся також сонцю, вважали його всемогучим богом та прославляли його у своїх піснях, мітах і леґендах. І на нинїшнїх людий робить сонце велике враження; у некультурних народів воно є жерелом усяких казок і пересудів, а в культурних та освічених предметом пильних дослїдів.

Отже пригляньмо ся тим вислїдам, до яких дійшла нинїшня наука своїми дослїдами над сим особливим твором природи.

1. Постать, віддаленнє й величина сонця.

Сонце світить таким ослїпливим блеском, що ми не можемо дивити ся на нього безпосередно голим оком, а коли би хто на силу спробував се зробити, то наслїдком надмірного подразнення нерву зору міг би дістати тяжке запаленнє ока, а навіть утратити зір. Задля сього дивимо ся на сонце тільки через темне, або закопчене скло, то знову користаємо з того, як воно прислонене імлою або легкою хмарою. Коли оттак дивити ся на наше сонце, то воно виглядає мов ясний, блискучий кружок. Одначе, коли подивитись на нього вже хоч би тільки доброю театральною люнеткою, або далековидом — розумієть ся, також прислоненими відповідними, темними склами — тодї бачимо виразно, що воно має постать золотисто-ясної, гарно виточеної кулї. (Обр. 9.)



Обр. 9. Сонце з плямами, оглядане через добру театральну льорнету при затемнених склах.

Певно ся куля мусить бути дуже велика, коли вона так сильно світить і гріє! Та щоби обчислити її величину, треба перш за все знати, як далеко вона від нас віддалена. Як же ж змірити віддаленнє сонця від нашої землї, коли ми не можемо до нього дістати ся? Хоч се може видаєть ся неподібне до правди, та все ж таки вченим удало ся розвязати се питаннє, і то ріжними способами.

Найзвичайнїщим є безпосереднe обчисленнє віддалення сонця, ґеометричним способом. Кому відомі основи ґеометрії, сей добре знає, що кожний трикутник дає ть ся точно означити, коли знаємо його один бік, т. зв. підставу, і два йому прилежні кути. Знаючи довжину сієї підстави й величину прилежних їй кутів, ми можемо докладно обчислити довжину двох других боків сього трикутника й віддаленнє його вершка від згаданої підстави й маємо задля сього вже готові правила та взірці. При сьому показує ть ся, що мірою віддалення вершка дотичного трикутника від його ж підстави є кут вершковий, що лежить напроти підстави, бо наскільки підставу наблизить ся до вершка, настільки сей кут збільшує ть ся, а наскільки підставу від сього вершка віддалить ся, настільки сей кут зменшує ть ся. Коли ж ходить про обчисленнє віддалення сонця від землї на основі згаданого правила, то за основу приймає ть ся промінь нашої землї й обчислює ть ся дотичний вершковий кут, який творять лінії, що лучать кінцї сього проміня землї з осередком сонця. Се все одно, як коли б ми питали ся, під яким кутом із нашого сонця було б видно половину проміру нашої землї? Сей кут називає ть ся „параляк са“, і він є мірою віддалення нашої землї від сонця, бо коли б земля віддалила ся від сонця, сей кут зменшив би ся, а наблизила б ся вона, то й згаданий кут збільшив би ся.

Оця паралякса нашого сонця виносить, як обчислено, 88″, а з того виходить, що віддаленнє нашої землї від сонця є 23.439 разів більше від проміня нашої землї. А що промінь

землї, як відомо, довгий приблизно на 6.378 кільометрів, то згадане віддаленнє землї від сонця мусить виносити приблизно 149,501.000 km.

Та крім сього безпосередного, ґеометричного, способу маємо ще й багато инших посередних способів обчислення віддалення сонця.

Ось так, принагідно обчислено, що соняшне світло потребує 8 мінут та 18 і пів секунди, себто 498 і пів секунди, щоби дійти від сонця до нашої землї. Знаємо з науки фізики, що світло в однїй секундї перебігає приблизно 300.000 кільометрів, тому й наше сонце мусить бути віддалене від нас на 300.000 . 498·5 т. є. 149,450.000 km.

Віддаленнє сонця можна виміряти також, розслїджуючи вплив нашого сонця на рухи нашого місяця. Докладні обчислення виказали, що наш місяць не кружить довкола землї рівномірно. Наслїдком сього, що сонце притягає його до себе, він у першій кватирі опізнюєть ся на дві мінути, а в останнїй кватирі на стільки ж само випереджує своє правильне положеннє, яке він повинен би в тім часї займати, як би кружив усе з рівномірною скорістю. Тільки в часї повнї й нову, коли то він стоїть на однїй лїнії з сонцем і землею, сонце не впливає так на його рух, і він приходить правильно на своє призначене положеннє. Згадані зміни в руху місяця є в відворотному відношенню до віддалення сонця, і задля сього, вимірявши точно згадані забурення в круженню, можемо обчислити віддаленнє сонця. Таким способом довідуємо ся, що воно виносить приблизно: 149,603.000 km.

Четвертий спосіб обчислення віддалення

сонця основуєть ся на тому відомому законї, що скорість круження нашої землї довкола сонця залежить від її віддалення й маси, себто тягару. А що ми знаємо тягар і скорість нашої землї, то віддаленнє легко обчислити, і відповідно до сього воно повинно виносити: 150,201.000 кільометрів!

Як бачимо з оцього, усї чотири головні способи обчислення віддалення сонця дають досить згідні вислїди, і на тій основі маємо право думати, що наше сонце віддалене від нашої землї приблизно на 150 мілїонів кільометрів. Як легко вимовляють ся такі числа; а тимчасом, як би нам удало ся повести залїзницю від землї до сонця і ми вибрали ся до нашого Дажбога в гостину американським швидким поїздом, який гонить зі скорістю 100 кільометрів на годину, то мусїли б їхати без упину мілїон пятьсот тисяч годин, себто 62 500 діб, а то значить 171 літ! З того бачимо, що, вибравши ся в таку далеку гостину та їдучи без упину таким швидким поїздом, ми не діждали б ся оглядати своїми очима ясне обличе Дажбога-сонця; і ми й дїти наші давно повмирали б у часї сеї дороги, наші внуки тимчасом постаріли б ся, а щойно нашим правнукам удало б ся вкінцї доїхати до сїєї далекої обітуваної землї!

Розумієть ся, що обчислене нами віддаленнє нашого сонця є тільки приблизне й пересїчне. Як уже з попереднього знаємо, наша земля кружить довкола сонця не по коловій, а по видовженій, еліптичній дорозї і так, що сонце є близче одного кінця сеї еліпси. Через те в протягу року віддаленнє землї від сонця

постійно змінюєть ся: 22-го грудня земля є найблизче сонця, і тоді вона віддалена від нього приблизно на 135 міліонів кільометрів. Ми називаємо се присонічним віддаленнєм — „перігелій“. 22-го червня земля найбільш віддалена від сонця, а власне на 165 міліонів кільометрів; се називаємо відсонічним віддаленнєм — „афелій“. Середнє віддаленнє, 150 міліонів кільометрів, має земля в хвилях зрівнання дня й ночі, себто: 21-го марта і 23-го вересня. З того бачимо, що ріжниця віддалення землї від сонця в афелію і перігелію досить значна, вона виносить 30 міліонів кільометрів, себто пяту частину пересічного віддалення, а в порівнанню із найменшим віддаленнєм у перігелію згадана ріжниця виносить половину сього. Значить, вибираючи ся в гостину до Дажбога, ми повинні і про се памятати, та виїхати в дорогу 22-го грудня, щоби хоч наші внуки могли оглядати його шановне обличе!

Знаючи оттак віддаленнє сонця від нашої землї, маємо спромогу обчислити також його величину й обєм.

При помочі кутоміра можна легко виміряти, що позірний промір нашого сонця, себто кут, під яким ми сей промір бачимо, виносить 32'. З сього, на основі звичайних триґонометричних правил, виходить, що дійсний промір сонця є 107·5 разів менший, як його віддаленнє; отже, поділивши 150 міліонів через 107·5, обчислюємо, що дійсний промір сонця виносить приблизно 1,390.000 km, себто він є 110 разів більший від проміру нашої землї. Знаючи, що обєми куль відносять ся до себе так як треті ступнї їх промінів, знаходимо, що

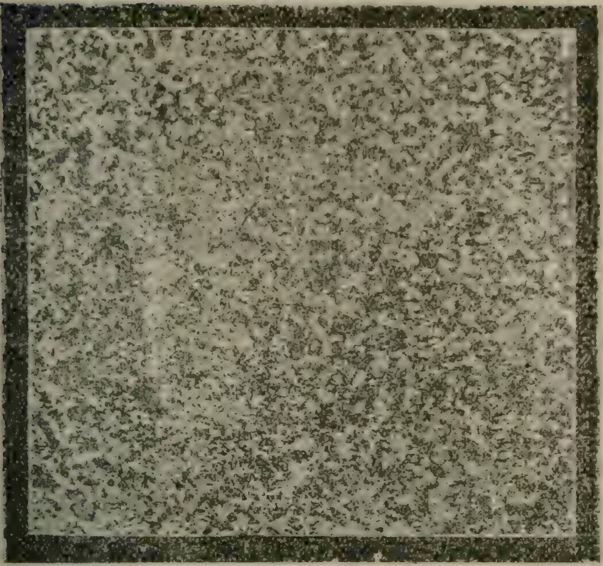
обем сонця, себто простір занятий його матерією, є 110.110.110 т. зн. кругло 1,300.000 разів більший від обему нашої землї. Обем же ж нашої землї виносить, як знаємо (стор. 31), 1,083.205 мілїонів km³, отже обем нашого сонця виносить приблизно: 1,408.166,500.000,000.000, себто майже півтора трілїонів шестистїнних кільометрів!

Ось такою могутньою кулею є наше сонце! З нього можна би виробити майже мілїон триста тисяч таких куль, як наша земля; щоби переїхати через нього наскрізь поїздом, що мчить ся зі швидкістю 100 km на годину, треба гонити без перестанку півтора року, а щоби таким же поїздом обїхати його довкола по рівнику, або південнику, так на те треба приблизно пять років часу! Коли би ми нашу землю враз із місяцем перенесли на сонце та умістили її в самій його середині, то наш місяць не лише що знайшов би ся ще посеред соняшної матерії, але від нього до поверхні сонця було би ще так далеко, як від нього до нашої землї: адже ж промінь сонця майже два рази більший, як віддаленнє місяця від нашої землї.

⊙ ⊙ ⊙

2. Зверхній вигляд сонця.

Коли дивимо ся на сонце, розуміє ть ся, прислонене відповідним темним склом, то його поверхня видаєть ся одностайна, гладка, мов поверхня блискучої золотої кулї. Але коли дивити ся побільшальними склами, бачимо, що



Обр. 10. Частинка поверхні сонця з зернистими хмарами і плямами.

ціла ясна поверхня сонця дрібно-зерниста, наче засипана дрібними зернятками рижу або пшениці. Сю ясну поверхню нашого сонця називаємо „фотосферою“. Згадані зернятка не стоять неповорушно: вони то зменшують ся, то збільшують ся; раз виступають яснїще, то знову слабше, та заєдно рухають ся й змінюють ся: видно, що фотосфера се не тверда постійна маса. а хитка й мінлива, мов плин або ґаз. (Обр. 10.)

Що ж оце таке, ся ясна, зерниста поверхня нашого сонця? У всякому разї вона є для нас властивою поверхнею сонця; бо хоч сонце сповите грубими верствами ґазів, то все ж таки вони загалом безбарвні й прозорі та через те невидні для нашого ока, а по друге й тому, що наш зір не може ніяк пробити ся через сю ясну й зернисту поволоку сонця та доглянути, що там ще є під сею дивною верствою. Одно певне, що ся зерниста, ясна поволока сонця є для нас могутнім жерелом світла й тепла, значить, се по всякій правдоподібности якийсь розжарений або й горючий матеріял. Але анї голим оком, анї найлїпшими далековидами не можемо тут нїчого докладнїще розслїдити. В такій скрутнїй хвилї стає нам у пригодї відомий нам чарівний прилад: спектроскоп! Наставивши сей прилад напроти сонця, дістаємо гарну дуговину, із якої знавець природи уміє вичитати все, що дїєть ся на сонцї — так, наче б він там був і приглядав ся всьому власними очима! Дуговина сонця, як відомо, має вид гарної ріжнобарвної стяжки, на якій, коли на неї дивити ся побільшальними склами, видно багато вузчих і ширших темних черточок. Як кажуть знавцї, барвна стяжка дуговини доказує, що фотосфера сонця утворена з розжареного плинного або цїпкого матеріялу, а темні черточки на дуговинї є доказом, що сонце покрите грубою верствою значно холоднїщих ґазів, які здержують (абсорбують) певні промінї світла, й через те у відповідних місцях дуговини виступають прогалини. Барви дуговини вказують на те, що тим розжареним матеріялом, який творить фотосферу сонця, повинні бути наші

звичайні металї та звичайні скали, які бачимо скрізь на поверхнї нашої землї. З того виходить, що наше сонце, се велика розжарена твердаво-плинна куля, вкрита грубою верствою ріжних ґазів. Зерниста будова фотосфери походила б від безчисленних язиків полумя, яке добуваєть ся з того безмежного моря.

Оце загально принятий погляд на устрій і будову нашого сонця. Одначе в останнїх часах учені дослїдники виступають проти сього погляду із чим раз тяжчими закидами.

По перше, проти сього промовляє температура сонця. Ріжними дотепними способами вдало ся вченим виміряти температуру згаданої фотосфери, і правдоподібно виносить вона около 7.000° С. Тимчасом усї матеріяли, з яких утворена наша земля, отже правдоподібно й наше сонце, топлять ся вже в температурі около 2.000° С, а в температурі понад 3.000° С всї вони вже розпадають ся на свої складові первнї, які в температурі 7.000° С уже всї є в станї ґазовім. Трудно припустити, щоби згаданї матеріяли заховували ся на поверхнї сонця цїлком инакше, як на поверхнї нашої землї. Значить, фотосфера повинна бути утворена з ґазів, хиба що вона утворена з якогось невідомого нам матеріялу, який при такій температурі може бути у плинному станї. Та се, як знаємо, мало правдоподібне.

По друге, проти згаданого погляду на густаво-плинну будову фотосфери промовляє також питомий тягар сонця. Коли би фотосфера була властивою поверхнею сонця, тодї, відповідно до своєї величини, воно повинно бути утворене з якогось матеріялу, який був би ледви

1·5 разів тяжчий від води. Тимчасом лиш кілька найлекших первнів у стопленім стані мають такий питомий тягар; на загал первні й усі зложені тіла мають у стопленому виді питомий тягар значно більший.

А ще треба взяти під увагу й сю обставину, що наслідком велитенських розмірів нашого сонця у його нутрі панує таке шалене тисненнє, що, коли б воно було утворене навіть із найлекших тіл, нутро сонця мусить бути дуже згущене, а через те й дуже тяжке. Наслідком сього й пересічна густота сонця повинна би бути значно вища, як се виходить із обчислень. Коли ж вона така мала, то се можна би виснити тільки тим способом, що поверхня сонця, яку ми бачимо, утворена з ґазів, а густаво-плинне ядро є значно менше. Оці обставини, а також багато инших, про які тут не згадуємо, доказують, що фотосфера не є властивою поверхнею сонця у такому розумінню, як се бачимо на поверхні нашої землі: сонце мусить бути властиво ціле могутньою розжареною ґазовою кулею. Заразом розуміє ть ся, що наслідком незвичайно сильного натиску тих безмірних ґазових мас у напрямі середини сонця, чим близче нутра, тим густїща мусить бути матерія сонця, а в самому нутрі може воно й справді вже густаво-плинне, одначе се густаво плинне ядро сонця, к порівнанню до цілого обєму, не дуже велике.

Як же ж се погодити з тим, що спектроскоп показує, наче б то фотосфера була утворена з плинної або може й твердої матерії? Щоби се зрозуміти, приглянымо ся на хвилинку

докладніще поверхні нашої землї, яку ми так добре знаємо!

Як відомо, наша земля покрита грубою верствою повітря, яке є мішаниною головно двох ніжних ґазів: азоту й кисня. Повітре ніжне й прозоре, а що воно чим вище, тим рідше, тому й здавало б ся неможливим, щоби високо понад поверхнею землї могли уносити ся якінебудь плинні або й тверді матеріяли. А все ж воно так є в дійсности! Всї добре знаємо, що високо понад поверхнею землї уносять ся більше або менше грубі верстви хмар, які вкривають нераз значні простори поверхні нашої землї перед лицем сонця-Дажбога. А що ж се таке — сї хмари? Знаємо всї, що се тумани, тільки не пилу, а дрібнесеньких краплинок води, або ніжнесеньких хрусталиків снігу. Бо водна пара, значно лекша від повітря при землї, підносить ся високо в гору і там наслїдком низької температури згущуєть ся у дрібнесенькі краплиночки води, або й цїлком ціпенїє, творячи дрібнесенькі ледяні хрусталики, що опісля туманами уносять ся високо в повітрю. Коли ж деякі більші краплини або хрусталики своїм тягарем почнуть спадати вділ, то швидко дістануть ся в теплїщі верстви повітря, наслїдком чого вони знову замінюють ся в пару, яка підносить ся назад угору. Тільки великі краплини води, або громадки хрусталиків, зібрані в зірчаті платочки снїгу, спадаючи, дістають ся аж на поверхню землї, даючи нам дощ або снїг. Ось так, як бачимо, у ніжній воздушній, ґазовій поволоцї, що окружає нашу землю, уносять ся хмари, утворені з краплиночок плинної води або хрусталиків

твердого леду, і може які вчені астрономи, що споглядають на нашу землицю з якої далекої звізди, дивують ся сьому; та воно так є по правді, і нічого тут не вдієш!

Дуже можливо, що подібно воно дієть ся й на сонці. Сонце окружене також грубою ґазовою поволокою, тільки ся його атмосфера не утворена з азоту й кисня, а лише з водня й пари ріжних розжарених металів. У сій особливій атмосфері уносить ся також пара ріжних, труднїще топливих матеріялів, що, охолоджуючись у горішнїх верствах атмосфери, творять тумани розжарених краплинок, або навіть цїпких хрусталиків, які тим способом утворюють своєрідні хмари в атмосфері сонця. Оці хмари скроплених плинних і скристалїзованих твердих матеріялів укривають густою грубою поволокою цїлу поверхню сонця, творячи його фотосферу, яка дає нам стільки світла й тепла. Зернистий вигляд фотосфери походить із сього, що хмари на сонцї, так як і наші хмари, не творять одностайної покриви, а складають ся з віддїльних хмарок, або туманів. Тільки, що сї хмарки на сонцї без порівнання більші від наших: із обчислень виходить, що найдрібнїщі зерна фотосфери доходять до 200 km довжини!

Оттак на основі сього, тепер де далї все більше пошириного погляду, фотосфера сонця — се соняшні хмари, що грубою верствою вкривають поверхню нашого сонця. Одначе ся верства хмар така груба й така густа та без ніякої прірви, що ми ніколи не маємо спромоги крізь сю поволоку доглянути аж до властивої поверхнї самого сонця. Ми тільки можемо здогадувати ся, що під страшним ти-

сненнєм згаданих могутніх хмар фотосфери і самої ж атмосфери сонця ґази, з яких утворене властиве ядро сонця, такі згущені, що правдоподібно мають густоту меду або дьогтю, а в самому нутрі вони може навіть тверді мов сталь... Але се все здогади — і ми вертаймо до правдивої дійсности!

Світляна поверхня сонця, або так звана фотосфера, не всюди однаково ясна: по середині вона найяснїща, але близько берегів ясність соняшного кружка нагло зменшуєть ся, так що на берегах сила світла фотосфери на половину слабша, як по серединї. Ся обставина вказує на те, що перш за все сонце є кулисте, а відтак, що воно покрите грубою верствою ґазів, які, хоч може цїлком безбарвні й прозорі, задержують у собі значну частину промінів світла.

Приглядаючи ся поверхні сонця люнетами, бачимо ще крім сього звичайно більше або менше темних плям ріжної скількости й величини. Деякі з них такі маленькі, що виглядають мов маленькі точки, і видні тільки через сильні побільшальні люнети, хоч вони в дійсности сто разів більші від нашої землї, та багато з них має значно більші розміри, а бувають і такі великі, що їх можна бачити голим оком. Дуже часто буває, що плями, які бачимо голим оком, є власне великою громадою малесеньких точковатих плям, хоч буває, що деякі з них по правдї доходять до велитенських розмірів. Нема ніякого сумнїву, що між найменшими, точковатими, і навіть найбільшими плямами є тїсна, нерозривна звязь, бо часто можна бачити, як сї маленькі темні

точки поволеньки збільшують ся, та з часом зростають до могутнїх розмірів, а навідворіть: навіть найбільші плями з часом що раз більше малїють, а вкінці цїлком зникають нам із очий. Скорість, з якою розширюють ся або зменшують ся згадані плями, по правдї сотки разів більша від скорости наших найбільших вихрів. З того видно, що в тих місцях відбувають ся на сонцї якісь велитенські, могучі перевороти. Не всї соняшні плями тривають однаково довго: одні задержують ся на поверхнї тільки кілька хвиль, инші довше, а бували й такі, що оставали на поверхнї сонця навіть довше, як один рік. Власне на сих останнїх плямах можна завважати, що вони постійно й рівномірно пересувають ся по поверхнї сонця, від його східного беріжка до західного. Пляма, яку ми сьогодня бачимо по самій серединї поверхнї сонця, пересуваєть ся постійно що раз дальше на право і по шести днях вона буде вже на самому західному березї сонця, а відтак зникає, безперечно переходить на другу сторону поверхнї сонця; тринацятого дня бачимо ту саму пляму вже на лївому, східному березї сонця і, пересуваючись постійно й рівномірно дальше, вона за шість днїв буде знову на давному місцї, по серединї поверхнї сонця. Всї довготривалі плями пересувають ся оттак правильно по поверхнї сонця, а се можна пояснити тільки тим, що сонце обертаєть ся разом із ними довкола своєї оси. На такий оборот потребує сонце, як бачимо, 26 днїв. На перший погляд видаєть ся сей протяг часу надто довгим, одначе не забуваймо, що обвід сонця 110 разів більший

від обводу нашої землї, отже скорість обороту сонця є в дійсности 4 рази більша від такої ж скорости нашої землї, так що точка на рівнику сонця порушуєть ся зі скорістю 2-х кільометрів на кожну секунду. Точнїщі досліди над рухами згаданих плям на сонцї виказали, що в околицях рівника сонце обертаєть ся скоріще (раз у протягу 25 днів), як в околиці обидвох бігунів (раз у протягу 35 днів), а сю дивну прояву можна пояснити тільки тим, що поверхня сонця, бодай його фотосфера, не тверда, а плинна або ґазова.

Соняшні плями не появляють ся рівномірно на цілій поверхнї сонця: на самім рівнику вони появляють ся дуже рідко, одначе чим дальше від рівника на північ і на полуднє, тим вони частїщі, найбільше численні вони у віддаленню приблизно 20° по обидвох сторонах рівника; дальше вони появляють ся знову що раз рідше, так що поза 30° по обидвох сторонах рівника їх уже майже нема. Яка причина сеї дивної прояви, до тепер ще не розяснено; у всякому разї вона можлива тільки завдяки плинній, а може й ґазовій поверхнї фотосфери.

За тим, що поверхня сонця, а власне фотосфера, утворена з ґазів, промовляє також і ся обставина, що, помимо обороту сонця довкола оси, воно кругле, мов гарно виточена куля, і ми не бачимо на обидвох його бігунах ніякого сплощення. Тільки ґазові маси, своєю розпряжністю, можуть ставити опір непереможній відосередній силї, а плинний і твердий матеріял наслїдком обороту мусїв би зсувати ся в сторону рівника і через те викликувати

більш або менше сильне сплощеннє на обидвох бігунах, подібно, як се бачимо на нашій землї.

Прослїдженнє руху соняшних плям дозволило означити точно положеннє обидвох бігунів сонця та його оси. Ся вісь легко, бо під кутом 83°, нахилена до екліптики нашої землї, так що рівник сонця нахилений до згаданої екліптики тільки під кутом 7°, та при тім так уложений супроти землї, що в марті північний бігун, а в вереснї полудневий відхилені від нас на 7°.

Коли 300 лїт тому назад єзуїт Шайнер (Scheiner) перший спостеріг плями на поверхнї сонця і з тим своїм відкриттєм зрадив ся перед своїм ігуменом, сей налякав ся й сказав: „Сину, іди й висповідай ся з твоїх грішних думок та благай прощення у милосерного Господа за те, що у своїм зухвальстві ти зважив ся шукати за якимись темними плямами на досконалому творі нашого всемогучого Творця!“ Та пізнїщі астрономи потвердили відкриттє Шайнера, і від сього часу соняшні плями є предметом безупинних і пильних дослїдів. Не будемо входити тут у подробицї, а згадаємо тільки про найважнїщі та для нас найцїкавіщі вислїди. (Обр. 11.)

Ось так перш за все дуже цїкаво представляєть ся будова згаданих плям. При ужиттю сильних далековидів бачимо, що пляма складаєть ся з темного нутра, званого „ядром“, та притемненої обвідки довкола згаданого ядра, так званої „меріжки“ (penumbra). Беріжок сеї меріжки звичайно стріпатий, мов беріг помервленої стріхи; блискучі, веретеноваті пружки сеї меріжки всувають ся більш або менше

Обр.11. Пляма на сонці, оглядана сильним далековидом.

в ядро, а часто перекидують ся навіть, немов містки, з одного берега на другий. Уклад і рух черточок, з яких утворена меріжка, вказують на те, що в тім місці повстає страшний вир, який гонить від обводу до нутра, або може навіть і якраз у противному напрямі. При сьому не треба думати, що згадані плями справді чорні; дотепними й дуже чуткими приладами, що міряють силу світла, вдало ся розслідити, що вони світять світлом ще 5000

разів сильнїщим як світло місяця в повні; чорними видають ся вони тому, що окружаюча їх фотосфера ще безмірно яснїща; так само чорним видаєть ся розжарене до червоности залїзо, коли вкинемо його до цїлком розтопленого залїза, що світить слїпучим білим блеском.

Темнїща краска соняшних плям і докладні поміри їх теплоти виказали, що в тих місцях поверхня сонця значно прохолоджена. Отже там із охолоджених хмар фотосфери або зливають ся вділ струї плинних металів і повстають свойого рода метальні хмароломи, або творять ся криги густаво-плинних метальних мас, що зрісши до певної величини, не можуть уже довше вдержати ся на поверхнї фотосфери та провалюють ся звідти до нутра сонця. Можливо також, що соняшні плями, се великі порви у горячих, метальних хмарах фотосфери через які проглядає темнїще, отже й холоднїще та й густїще соняшне ядро. Як бачимо, ся справа до тепер ще не розяснена як слїд.

Відтак годить ся зазначити, що соняшні плями появляють ся досить правильно: бувають роки, коли їх нема цїлком, і тодї сонце може бути справдї взірцем бездоганної ясности; та відтак виступають вони чим раз частїще, так що пятого року доходять до найбільшого числа й найбільшої величини. Відтак плям що раз менше, а по пяти лїтах їх знову нема цїлком. Оттак повторюєть ся заєдно. Наслїдком сього найсильнїще й найслабше виступають плями на сонцї пересїчно що 11 лїт, як бачимо з оцього зіставлення:

Роки, в яких було найменше плям:	Роки, в яких було найбільше плям:
1867	1870
1878	1883
1889	1893
1901	1905
1911	1915

Новіщі досліди виказали, що кромі сього згадані одинацятки виказують ще особливе ступнованнє, так що кожна пята одинацятка відзначаєть ся ще особливо найсильнішою, чи то найслабшою, появою плям, значить, найбільше, чи там найменше плям буває що 55 літ.

Яка причина сієї правильности, ми не знаємо. У всякому разї чим менше плям на сонцї, тим воно гарнїще світить і сильнїще огріває нашу землю, а з того виходило б, що пересїчна температура поверхнї нашої землї повинна би виказувати подібну „періодичність", відповідно до того, як виступають згадані плями на поверхнї сонця. І справді, досліди Кипена (Köppen) виказали, що дуже часто „мінїма" плям ідуть у парі з „максімум" температури, і противно: максімум плям виступає рівночасно з мінїмум тієї температури. Не можна заперечити також і сього, що обниженнє або підвисшеннє температури поверхнї землї мусить мати значний вплив на урожаї: коли роки холодні, більше дощів та морозів, а вслїд за тим і гірші урожаї; коли ж роки теплїщі, тодї більше погоди та безперечно й кращі урожаї. Одначе врожаї викликують важкі наслїдки в життю кожного народу: коли врожай, тодї лекше

й ліпше живеть ся людям, а коли неврожай, тоді їм тяжче й гірше жити, а через се й народ невдоволений та більше охочий до зміни істнуючого ладу й порядку. Задля сього деякі вчені є того погляду, що між періодичністю плям на сонці та холодними й теплими роками, врожаями й неврожаями, вкінці забуреннями в суспільному життю народів є тісна й нерозривна, причинова звязь. Справа є ще предметом пильних дослідів, а коли б виявила ся правдивість такого погляду, то се було б пречистим доказом, як глибоко сягає вплив нашого сонця на життє людини на землї!

Кромі згаданих темних плям находимо на поверхні сонця багато плям із якраз противною прикметою, бо значно яснїщих від звичайної фотосфери. Називаємо їх смолоскипами, або факлями, задля того, що се справді полумя якогось горючого матеріялу, які мимо ясного блеску фотосфери, виступають різько скрізь на цілій поверхні сонця. Дуже часто громадять ся вони особливо в околиці згаданих темних плям, так що, можливо, істнує між ними якась нутрішня звязь. Одначе дрібні ясні плями розсіяні скрізь густо по цілій поверхні.

Розсліди тих ясних плям при помочі спектроскопу виказали, що вони утворені з розжарених пар особливого металю, відомого в науці під назвою „вапу". „Вап", або „кальцій", се металь подібний трохи до срібла, та в буденньому життю він не має ніякого пристосовання через те, що в повітрі він умить лучить ся з киснем, водною парою та двокисом вугля й утворює з ними тривкі сполуки.

Власне в тих і инших ріжних сполуках вап дуже розширении у природі: враз із вуглем і киснем він творить відомий вапняк, а з сіркою, киснем і водою загально звісний ґипс, вкінці з вуглем, киснем і фосфором входить у склад людських і звіриних костий, куди дістаєть ся з поживи, бо в значних скількостях находить ся в молоці та зернах багатьох ростин. Отже видно, що в матеріялї, з якого утворена фотосфера, є дуже багато ріжнородних сполук, у склад яких входить і згаданий вап; у великому жарі фотосфери вап виділюєть ся, та заміняєть ся в ґаз, що запалюєть ся й ясним полумям горить скрізь на поверхні нашого сонця.

⊙ ⊙ ⊙

3. Затьмінне сонця.

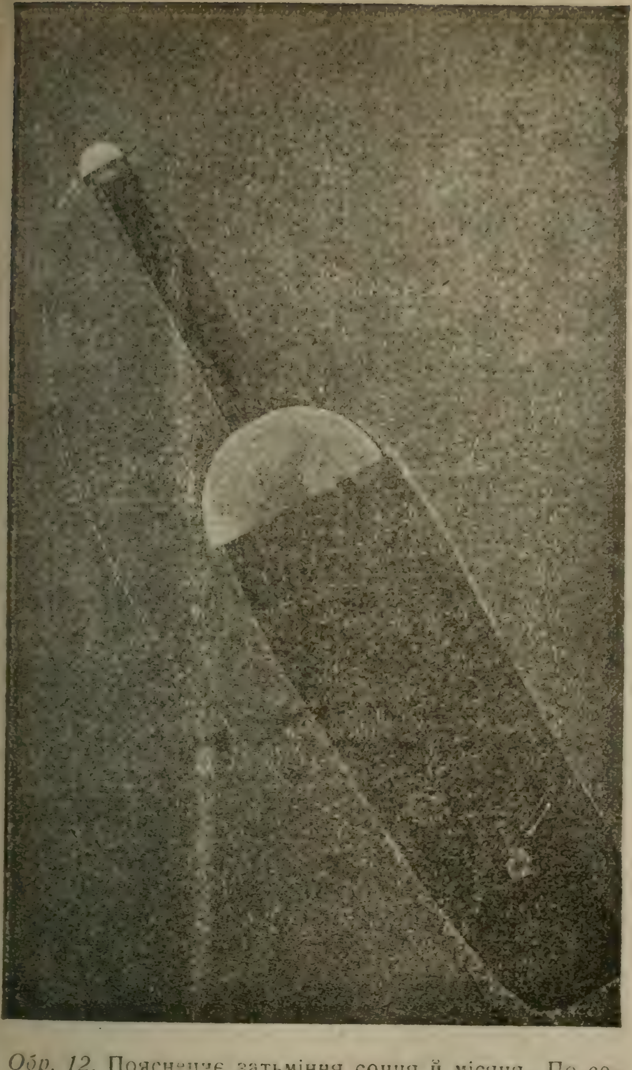
До проявів природи, що споконвіку полохають і дивують непросвічених людий, належить перш за все затьмінне сонця. Всі старинні, навіть культурні, народи були переконані, що тут маєть ся до діла з якоюсь чародійною проявою, що або бог сонця, загніваний на грішних людий, закриває перед ними своє ясне обличе, або його перемагає якась нечиста сила. Так думають ще й тепер усі некультурні народи, і з того приводу потворилось багато гарних мітів, леґенд і казок.

Та нас займає тепер ся проява тільки з астрономічного становища, а під сим оглядом вона цілком докладно розяснена.

Затьмінне сонця повстає через те, що місяць, оббігаючи нашу землю, часом стає як-

раз між нами та сонцем і своєю шановною особою заслонює ясне обличе нашего Дажбога. Нічого нема в тім дивного, що такий маленький місяць заслонює нам собою таке велике сонце; адже ж ми своєю долонею можемо закрити перед собою не лиш другого чоловіка, але й великий дім, церкву, або велитенську гору: близькими малими предметами можна закрити перед нашими очима навіть найбільші предмети, коли тільки вони відповідно далеко від нас віддалені. В додатку припадком так вийшло, що промір сонця є майже 400 разів більший від проміру місяця, а притім сонце майже 400 разів дальше від нас положене, як наш місяченько; отже вислід сього такий, що мимо незвичайно великої дійсної ріжниці у вимірах, сї обидва всесвітні тіла видають ся нам майже однаково великими. Наслідком сього місяць може так докладно закрити сонце, наче би він був якраз до сього призначений. Тоді виходить цілковите затьміннє сонця. Правда, дорога місяця не колова, але еліптична, з другого боку й наша земля раз близче, раз дальше від сонця, через те й буває, що місяць закриє тільки саму середину сонця, а довкола нього лишить ся ясна обручка соняшної поверхні, і тоді виходить перстенисте затьміннє. Буває також, що місяць не переходить якраз через середину сонця, а тільки боком, і тоді маємо частинне затьміннє, яке захоплює більшу або меншу частину соняшної поверхні.

Для зрозуміння проява затьміння місяця й сонця треба ще звернути увагу на одну обставину, а власне на відношеннє довжини тіний землї й місяця. Як відомо, земля й місяць, за-



Обр. 12. Поясненнє затьміння сонця й місяця. По середині наша земля; стрілка вказує напрям круження місяця довкола землї.

ступаючи дорогу соняшному промінню, кидають позад себе темну тінь, що тягнеть ся далеко в усесвітньому просторі. Розуміеть ся, що тінь землї значно більша; її підставою є обвід нашої землї, і в усесвітньому просторі вона тягнеть ся в видї гостро закінченого стіжка, довгого на 1,365.000 km. Знову ж тінь місяця значно менша, вона має теж вид стіжка, якого підставою є обвід місяця, а довжина виносить 375 000 km. Як знаємо, місяць віддалений від нас 356 до 407 тисяч кільометрів, отже тінь місяця може захопити нашу землю що найбільше тільки своїм кінчиком і ніколи не може закрити цїлої її поверхні. Наслїдком сього бачимо затьміннє сонця тільки з тих місць нашої землї, які закриті згаданою тїнию місяця; проча поверхня нашої землї, не закрита тїнию, не має жадного затьміння. Противно, затьміннє місяця видне однаково з усїх місць нашої землї, що лежать на тій її половині, яка в тім часї відвернена від сонця, значить, на якій є власне ніч. При повнім і перстенистім затьміннює сонця кружок тїни місяця, який паде на землю, широкий звичайно на 200 km, і через те таке затьміннє видно приблизно на 100 km кругом т. зв. „центральної лїнії", себто лїнії, що лучить тодї осередки сонця, місяця й землї. Наслїдком обороту землї й місяця згадана тїнь, а вслїд за тим і затьміннє сонця, пересуваеть ся по поверхні землї в напрямі від сходу на захід.

Ясно, що затьміннє сонця може наступити тільки тодї, коли місяць є якраз між сонцем і землею, значить, у часї нову; одначе наслїдком нахилення дороги місяця до екліп-

тики воно може наступити тільки тоді, коли сонце близько одного з „вузлів“ місяця, та повторюєть ся в періодах відомого вже нам „сарос“. Наслідком сього затьміння сонця та їх перебіг дають ся означити з математичною точністю.

Повні затьміння сонця належать до гарніщих проявів природи, і задля сього треба при нагоді звернути на них увагу. В тій цїли, коли має наступити затьміннє сонця, заповіджене заздалегідь у кожному календарі або часописах, треба прилагодити собі темні скла на очі (чорні окуляри), або від біди звичайне закопчене скло, і по змозї добру театральну або полеву люнету. Так узброєні ждїм означеної хвилї. Перші слїди затьміння виступають на самому сонцї. В означеній хвилї появлюєть ся на західному березї сонця маленька щерба, яка швидко побільшуєть ся, так що сонце прибирає вид чим раз вузчого серпа. Се місяць починає закривати сонце й надає йому такий вид. Можна се дуже добре бачити навіть без помочі люнетки, голим оком, через затемнене скло; видно се й на соняшних плямочках під кожним деревом: сї малі відбитки сонця тоді не круглі, як звичайно, а серповаті; можна також зловити таку відбитку сонця на папірчику, поставивши напроти нього другий папірчик з маленькою дїрочкою, зверненою напроти сонця. Коли ж поглянемо люнеткою, прислонивши очі затемненим склом, бачимо, що нутрішнїй беріг соняшного серпа ніжно повизублюваний: се видно гори місяця, що находять ся якраз на його беріжку. Тимчасом соняшний серп звужуєть ся що раз більше,

ще хвилинка, а з беріжка величавого сонця остаєть ся тільки рядок блискучих точок, мов нашийник жемчугів-самоцвітів — се останки поверхні сонця, які ще проглядають через прогалини між вершками гір місяця, якими наїжений його беріг. За 2 до 3 секунди й се зникає і.. наступає цілковите затьмінне. Замісць сонця видно на небі темний, понурий кружок нашого місяченька. Стає темнаво. Небо прибирає дивну сіру краску. По земли перебігають таємні тїнисті хвилї, в напрямі від заходу на схід; хоч кругом тишина, здаєть ся, наче б земля тихо дріжала з переляку: звірята й люди полохають ся, старенькі бабусї хрестять ся. Що се за прояви, се хвилювання, ніхто не знає. Одні кажуть що се є наслїдком так званої „інтерференції" останнїх хвиль сонячного світла, другі, що се наслїдок заломлювання останнїх промінів соняшного світла в хвилюючому повітрю, подібне до миготїння наших зірок, а може се відблеск миготїння горішнїх верствів соняшної атмосфери, про які буде мова в найблизчому уступі. Одначе тут нема часу до роздумування, бо за кілька хвилин показуєть ся вже знову західнїй беріжок сонця: збиточник-місяченько, наробивши стільки замішання, швидко втїкає і... сонце сяє знов у повній своїй величі!

4. Що нам зраджує затьмінне сонця?

Дивний народ, сї астрономи! Одні люди тужать за славою, другі за багацтвом, инші за иншими ідеалами, а астрономи тужать за...

повним затьмінєм сонця! Нетерпеливо вичікують вони сеї хвилї, точно обчислюють наперед час приходу сеї появи і вже заздалегідь наставляють свої далековиди в сторону всемогутнього жерела світла й тепла, та пильно дбають про те, щоби не пропустити ні хвилиночки з оціеї коротко триваючої, а незвичайної прояви. Що ж таке можна бачити в часї повного затьміння, коли сонце ціле закрите нашим повнолицим місяченьком? Отже власне, коли місяць закриє цілком, до останку блискучу, сонячну кулю, тодї можна доглянути кругом сонця ніжну червонаво світячу поволоку, з якої тут і там вистрілюють високо вгору рівно ж червонаві хмаринки. Згадану ніжненьку поволоку сонця називаємо „хромосферою“, себто „барвною покривою“, а згадані хмаринки називають „протуберанцями“, себто „виступами“ або „язиками“. Ось так повне затьміннє сонця зраджує нам істнуваннє нової складової частини сонця, про яку ми иншим способом нїколи не були б довідали ся. Пригляньмо ся близше згаданим дивним проявам.

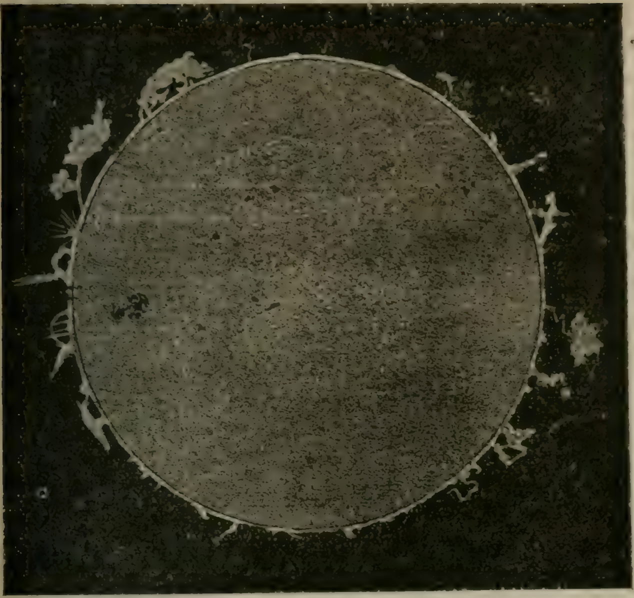
Хромосфера. Пильні спектроскопні досліди виказали, що хромосфера утворена з ґазів, а власне розжареної пари тільки небагатьох первнів, а то: передовсїм водня, а також гелїя, почасти й кальція. Водень, се загально звісний первень, який враз із киснем творить нашу воду, та враз із иншими первнями утворює багато ріжнородних матерій. Коли ми його видобудемо з води, або й инших його сполук, тодї бачимо, що се дуже легенький, ніжний і безбарвний ґаз, а коли утворена з нього хромосфера сонця має червонаву

барву, то се безперечно наслідком тамошньої незвичайно високої температури. Гелій, се також дуже ніжний, ґазовий первень, до недавна невідомий на нашій землї; звідси походить власне й його назва: гелій, сєбто сонячний первень; одначе в останніх лїтах відкрито його також і в деяких, що правда дуже рідких, мінералах, що є новим доказом на те, що наше сонце утворене з таких самих матерій, з яких утворена й наша землиця.

Кальцій, се добрий наш знакомий із попереднього уступу, і до хромосфери він дістає ся, як випари смолоскипів, про які ми розказували передом.

Хромосфера покриває сонце приблизно 150 тисяч km грубою верствою; на поверхнї вона все хвилює ся й викидає часто з себе згадані протуберанци.

П р о т у б е р а н ц и, се безумовно виступи й язики, які викидує із себе згадана хромосфера, бо утворені з тієї ж самої матерії та стоять із нею у безпосередній звязи. В часї гарного повного затьміння сонця видно їх скрізь на цїлому обводї сонця; деякі з них підносять ся звільна вгору, та висять довго вгорі, наче ніжна хмарка, нераз навіть відірвавшись цїлком від хромосфери; инші гонять стрілою вгору, зі скорістю кількасот кільометрів на секунду, та з неменшою скорістю спадають назад у хромосферу. Висота, до якої вистрілюють згадані протуберанци, доходить нераз до 300 тисяч km, що рівнає ся віддаленню місяця від нашої землї! І величина їх немала, бо деякі з них бувають кількасот разів більші від нашої землї!



Обр. 13. Сонце зі „смолоскипами“ й „язиками“. (На основі дослїдів в обсерваторії в Кембрідж у часї затьміння).

Лячно стає нам нераз, коли читаємо про вибухи наших вульканів, із яких виливаєть ся горяче розтоплене каміннє, а горяча пара вибухає нераз на 300 метрів угору — одначе, чим же ж є ті вибухи наших вульканів супроти згаданих соняшних язиків-протуберанців. Які могучі перевороти мусять відбувати ся там на сонції, що з такою силою викидують так високо вгору такі страшенно великі маси!

Щоби зрозуміти повстанне протуберанців, зробім собі оцей простенький досвід: поклadім на холодну тарілку прозорий скляний дзвін (кльош) та, надхиливши його небагато, вдуймо осторожно під згаданий дзвін трохи диму з нашої запаленої папіроски: коли сей дим закриємо дзвоном і він успокоїть ся, побачимо, що він устелить ся рівною верствою на тарілці — се наша хромосфера: піднесім тепер тарілку та доткнім ся зі споду її дна теплим пальцем: від пальця огріє ть ся в сьому місці дно, а від дна огріє ть ся повітре, воно там піднесе ть ся вгору й потягне за собою завішені у ньому частиночки диму, що більш або менше високим язиком виступить угору: коли дно тарілки будемо підгрівати сильнійше, на приклад полумям сірничка або свічки, тоді дим вистрілювати буде вибухово вгору, утворюючи ріжні дивовижні постаті — се наші протуберанци!

Фізичні закони однакові, для диму накритого скляним дзвоном і для... хромосфери, а з того виходить, що протуберанци повстають через нагле огріттє фотосфери в даних місцях, наслідком якихсь близче невідомих переворотів у фотосфері, а може навіть у ще більших глибинах нашого сонця.

Правда, деякі вчені звертають увагу на те, що незвичайну швидкість, із якою вибухають протуберанци, можна пояснити тільки тим, що тут маємо до діла з електричними світляними проявами, подібними до тих, які бачимо у так званих „ґайслерівських“ цівках, у яких електрична струя переходить через незвичайно розріджені ґази. Багато промовляє

за тим поясненням. Завдяки незвичайним поступам у дослідах спектроскопом маємо тепер спромогу розсліджувати хромосферу й протуберанци, подібно як і факлї-смолоскипи, кожного дня, не ждучи на повне затьміннє сонця. Отже найновіщі досліди показують, що хромосфера й протуберанци утворені з незвичайно розрідженої й ніжної матерії, може й сотки разів рідшої й лекшої від нашого повітря. Задля сього велитенські хмари сих розріджених ґазів, викинені в гору з хромосфери в виді згаданих протуберанців, що доходять нераз до десяток тисячів кільометрів довжини, мають у собі дуже мало матерії, правдоподібно стільки, що згадані хмари важать ледви кілька тисяч кільоґрамів. Тільки незвичайна їхня величина дозволяє нам бачити їх із такого великого віддалення. Значить, у таких розріджених ґазах можуть справді заходити згадані електричні прояви, відповідні до тих, які бачимо у ґайслерівських цівках, а з другого боку могутні перевороти в нутрі сонця можуть справді викидувати в гору ніжненьку матерію хромосфери з такою скорістю, як се бачимо в дійсности.

Дуже можливо, що обидва роди прояв мають тут місце, бо згадані обидва способи пояснення прояв, званих протуберанцами, цілком себе не виключають, але дають ся добре погодити із собою.

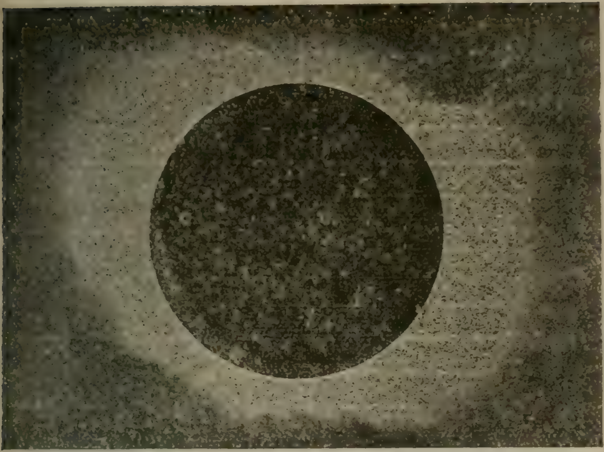
⊙ ⊙ ⊙

5. Корона нашого Дажбога.

Гарне повне затьміннє сонця зраджує нам ще одну таємницю нашого Даж-

бога: як се й годить ся могутньому володареві світла й тепла, пишаєть ся він у величавій світляній короні, яку одначе можуть оглядати тільки втаємничені жреці астрономії. Власне, коли в часї повного загьміння місяць закриє цілком ясне обличе нашого сонця, тоді кругом сонця видно крім згаданої вже червонаво-рожевавої хромосфери і її язиків-протуберанців ще й ніжненьке, ясне сяєво, яке й названо „короною" сонця. Корона окружає ніжним блїдавим сяєвом цїлу поверхню нашого сонця, а розміри її й вигляд постійно змінюють ся. Пильні досліди виказали, що вона стоїть у тїсній звязи з темними плямами сонця. Перш за все корона звичайно найширша в тій полосї, де найчастїще виступають згадані плями, значить, в околицях від 15^0-25^0 „ґеоґрафічної", а властиво ґелїоґрафічної ширини сонця, по обидвох сторонах рівника, згадана корона звичайно найсильнїще розвинена; в околиці рівника і повище 30^0 північної й полудневої ширини вона виступає звичайно найслабше. Відтак замітне й те, що величина корони звичайно збільшуєть ся зі зростом згаданих темних плям: „мінїма" й „максіма" плям і корони звичайно згоджують ся з собою. Часами сяєво корони має гарний, проміністий вигляд — тоді можна бачити, як промінї, близчі бігунів, вигинають ся в сторону рівника, що нам нагадує уклад залїзних опилок, насипаних кругом маґнета. Нїчого дивного, сонце справдї й є могутнїм маґнетом, хоч особливої, кулистої постатї.

Часами знову, з невідомих близче причин, вистрілюють із корони могутні снопи сві-



Обр. 14. Корона сонця в часї повного затьміння 28. мая 1900 р. (Фотоґрафия американських астрономів Барнерда и Річія в обсерваториї на горі Уільзена).

тла, нераз і кілька разів довші, як промір самого ж сонця, що надає коронї особливо величавого вигляду.

Як згадано, величава проява, названа короною сонця, до сьогодня ще непояснена та сповита глибокою тайною. Спектроскопні досліди виказали, що долїшня частина корони, близча сонця, утворена переважно з ґазу водня, але зверхня частина корони, враз зі згаданими могутнїми снопами світла, дає тяглу дуговину, таку саму, як її дають ціпкі тїла, а крім сього ще й особливу зелену черточку, що вказує на істнуваннє там якогось ґазового

первня, до сьогодня ще невідомого на нашій землї. Сей загадочний первень і названо задля сього „короній“ (Coronium).

На основі сього вчені думають, що корона утворена з особливого ніжного ґазового первня, коронія, який у долїшнїх своїх верствах перемішаний із воднем, що доходить там із хромосфери, але в горішнїх верствах він переповнений ніжнесеньким пилком, що повстає з остудження сього розпиленого матеріялу, який викидує з себе наше сонце своїми смолоскипами-факлями й язиками-протуберанцами.

Північна зоря — післанець нашого Дажбога.

До найгарнїщих прояв нашої природи належить безперечно так звана „північна зоря“ або „бігунове світло“. Славний знавець природи Олександер Гумбольт (Alexander von Humboldt, 1769—1859) у свойому відомому творі „Космос“ ось так описує сю чарівну прояву: „Низько над овидом, близько маґнетного полудника (себто в сторонї маґнетного бігуна) небо затемнюєть ся. Груба, мрачна стіна підноситься аж до висоти 10° (понад поземом). Поміж темним (горішнїм) відтинком неба, що переходить аж у фіялковий підбарвок, а на якому видно блискучі зорі, і сиво-бурим (долїшнїм) відтинком утворюєть ся зразу біла, а відтак жовта, ясно блискуча світляна дуга, що, все змагаючись і похитуючись, сяє часом цїлими годинами. Вкінцї вистрілюють із оцієї дуги снопи

проміння, ген аж до зеніту, а їх краска ступінуєть ся від фіялкової й синяво-білої аж до зеленої й пурпурно-червоної. В точці небесного зводу, що відповідає напрямові наклінної стрілки (значить: у стороні бігуна неба), проміннє сходить ся вкінці разом і творить лагідним блеском спокійно світючу „корону“ північної зорі. Від сієї хвилі проміні рідшають, корона й світляна дуга заникають, і за хвилину видно тільки бліді, сиваві, блискучі плями, що вкінці також зовсім зникають. Накінець зникає й темний відтинок“.

Багато подорожних, що мали щастє бачити згадану прояву природи, описують її приблизно так само, а всї вони були очаровані її величю й красою.

Рівночасно з тим північна зоря стає предметом пильних дослідів ріжних учених, що старають ся розяснити сю таємну прояву.

Перш за все показалось, що „північна“ зоря появляєть ся не тільки в околицях північного бігуна, але й в околицях полудневого, а навіть, хоч дуже рідко, в кожній, якійнебудь околиці нашої землї. Правда, в околицях рівника вона появляєть ся дуже рідко й виступає незвичайно незамітно, а чим близче обидвох бігунів, тим вона гарнїща й частїще виступає, одначе „максімум“ своєї сили й скількости осягає ся проява в певному віддаленню від обидвох бігунів. Границя сього „максімум“ полярної зорі невідома докладно при полудневому бігуні; при північному бігуні переходить вона від рога Челюскін, на північ від Нової Землї, попри північний беріг Норвеґії, відтак на полудне від Ісляндії й Ґренляндії та через

середину Гудзонського заливу доходить до північно-західного рогу Аляшки. На згаданій границї виступає північна зоря найсильнїще й найчастїще; чим далї на північ і на полудне від згаданої лїнїї, тим слабше й рідше вона появляєть ся, так що в Штокгольмі її бачать 5 разів, а в Берлїнї 30 разів рідше як у Ляпонїї.

Відтак, як се виказав Адам Павльзен, (Paulsen), треба відріжнити два цїлком відмінні роди північної зорі: стяжковатий і промінистий. Стяжковаті північні зорі мають вид дуговатих стяжок; вони сяють спокійним і звичайно довго-тривалим світлом та не впливають цїлком на маґнетну стрілку. Згаданий дослїдник Павльзен уважає сю прояву фосфоресценцією якоїсь ніжної матерії, що уносить ся в повітрі.

Промінисті північні зорі утворені зі світляних промінів; сї проміні утворюють звичайно довгі світляні стяжки, що могутнїми звоями, мов чарівні занавіси, звисають із неба. Вони дуже рухливі й неспокійні, та спричинюють сильні заворушення маґнетної стрілки. Із сцих рухів маґнетної стрілки виходить по здогадам Павльзена, що згаданими промінями проходить згори вділ неґативна електричність катодними промінями.

Дальші дослїди виказали тїсну й нерозривну звязь між сонячними плямами й північною зорею. Згадані дослїди для нас тим важні, що займав ся ними між иншими також молодий, европейської слави дослїдник сонця, астроном, Українець, Олексій Ганський. На жаль він помер передчасно, 29. липня 1908 р., утопившись у часї купелї в морю, в Сімеїзі, близь Ялти на Криму, де працював в уладженій ним

астрономічній обсерваторії, поставленій заходами дворянина Миколи Мальцева.

Ось так, збираючи разом усі дотеперішні досліди над розясненнєм північної зорі, відомий шведський дослідник Арeнїюс ставить ось таку гіпотезу:

Наше сонце своєю могутньою силою викидує без упину зі свойого нутра свою власну матерію, розпилюючи її при тім на найдрібнїщі краплиночки. Знайшовшись далеко поза поверхнею сонця, посеред зимного всесвітнього простору, сї краплиночки застигають і в видї дрібнесенького пилку уносять ся кругом сонця, творячи відому нам його корону. Коли на сонцї нема плям і поверхня його доволї спокійна, тодї, наслїдком дїлання маґнетної сили сонця, згаданий соняшний пил віддалює ть ся від обидвох бігунів та укладає ть ся в околицї рівника сонця, утворюючи кругом соняшного рівника своєрідний світляний перстень, що сягає далеко в усесвітньому просторі. Наслїдком відосередньої сили, яка там на рівнику найсильнїща, соняшний пил віддалює ть ся все далї й далї від свойого матірного огнища, а могутня сила притягання сонця дїлає на нього все що раз слабше; в додатку зернятка пилку електризують ся відємно, що очевидно правдоподібно облекшує їм до того їхню утечу від рідного сонця. Таким способом згаданий пил віддалює ть ся далеко-далеко від соняшного рівника, доходячи аж до тих просторів, де сї всї сили рівноважать ся з собою. Та тут попадають вони в обсяг дїлання нової, неожиданої сили: се проміні світла, викинені всесильним Дажбогом, бють об нїжнесенький

соняшний пилок, що стає йому на дорозї, ті гонять його нестримно в безмежний простір вселенної! Ось так доходить соняшний пилок аж до нашої землї, де з черги попадає у діланнє її маґнетної сили і наслїдком сього розділює ть ся на дві струї, що звертають ся до обидвох маґнетних бігунів нашої землї. Тут укладаєть ся соняшний пил могутнїми слоями понад згаданою повище максимальною границею кругом обидвох бігунів, маґнетного й ґеоґрафічного, та загущуючись над сею лінією й зіткнувши ся з нашим повітрєм, фосфоризує так, наче б то в повітрі були наелектризовані частиночки радія, що остаточно не є неправдоподібне. В той спосіб повстають прояви полярної зорі, у зазначених максимальних границях.

Коли ж на поверхнї сонця виступлять сильні плями, тоді корона сонця значно більша, як звичайно, але уложена рівномірно довкола поверхнї сонця; видно, що розбурхане сонце викидує із себе та розпилює свою матерію з такою страшною силою, що вона перемагає маґнетне діланнє обидвох бігунів. Наслїдком сього й маґнетна сила бігунів землї не дуже сильно впливає на соняшний пил, і він паде на землю власне там, де є найсильнїще насвітленнє землї соняшними промінями, власне — понизче згаданої максимальної границї.

Задля сього північні зорі, що появляють ся на полуднє від підбігунових околиць, виказують такі самі максіма й мінїма, як і відомі нам плями на нашому сонці.

А гей далеко, в чарівних околицях рівника нашої землї, звичайно в кілька годин по

заході сонця, виступає нераз на ясному зоряному небі ніжна, світляна, стіжковата смуга, названа „зодіякальним світлом“. Спектральні досліди Вольфа (M. Wolf) виказують, що світло сеї особливої появи походить від якоїсь ціпкої матерії. Яка ж се може бути ціпка матерія, коли по дослідам Нюкомба вона ціла не представляє більше як трицять мілїонових частинок маси нашого сонця, а, як виказав Зелїґер (Seeliger), окружає наше сонце могутнім перстенем, що переходить далеко поза дорогу нашої землї? Очевидно, се може бути тільки дуже ніжненький пилок, по думці Кінлього (Kienle) такий ніжний, як 30 лїтрів води розпилених в обємі 1-го шестистїнного кільометра! Узглядннюючи се все, Аренїюс є того погляду, що зодіякальне світло є також фосфоресценцією ніжнесенького пилу, який розпилює кругом себе наше могутнє сонце.

Ось так наше сонце, се могутнє жерело тепла й світла, не тільки обливає нашу землю своїм благодатним проміннєм, але й обсипує її дрібнесеньким пилом своєї власної матерії. Сей пил викликує тут на землї прояви північної зорі й зодіякального світла, що чарують наші очі й дивують нас своєю таємністю.

Одначе сей ніжнесенький, сонямний пилок, що з такої безмежної віддалї доходить до нас, пригадує нам велитенську, могутню силу нашого сонця; північні зорі й зодіякальне світло — се післанції сього могутнього Дажбога, які нагадують нашій землї, що вона його дитина й рабиня, що вона колись із нього повстала й колись назад поверне в його обійми...

КІНЕЦЬ ПЕРШОЇ ЧАСТИ.

Найважнїщі помилки,

які треба справити перед читаннєм книжки.

Сторона	Рядок	Надруковано:	Має бути:
27	11 з гори	тягарець, от	тягарець,
34	6 з гори	отже і	отже:
65	8 з дол.	так	так рівномірно
66	8 з гори	що те	що то
66	17 з дол.	що не ми	що ми не
67	12 з дол.	противно; згаданий	противно. Згаданий
68	18 з дол.	364 метри	463 метри
68	11 з дол.	яблоко (або	(яблоко або
70	12 з гори	або рівноденником	рівноденником або екватором
71	9 з дол.	рівнолежник	рівник
72	6 з гори	40.059 km	40.055 km.
73	10 з гори	їх	всї другі
75	15 з дол.	обертаєть ся	обертаєть ся дальше
77	2 з гори	на цїлий наш	тільки на наш
80	14 з дол.	у впрост	в цїлком
90	13 з гори	сонця,	сонця, т. зв. екліптика,
116	17 з дол.	найбільший ще	найбільший, що
122	1 з гори	1 рефлекторі	у рефлекторі
122	2 з гори	с80 cm,	180 cm,
122	2 з дол.	вя	ся
137	15 з дол.	знахіднихом	знахідником
154	7 з гори	проміру,	проміру місяця,
159	16 з дол.	чисто	чисте,
167	15 з дол.	букву	букви
176	4 з дол.	тїнь місяця	тїнь землї
190	12 з дол.	нього	в нього
205	1 з дол.	ночі	днї
217	13 з дол.	туманани	туманами
239	12 з дол.	падає	надає

ЗМІСТ.

Показчик до цїлого твору при кінцї другої части.